


# العلم النانوي

## ودوره في حياتنا




أ.د. قحطان خلف الخزرجي

د. أسيل باسم الزبيدي　　أ.م.د. رنا عفيف عنائي





www.dardjlah.com










# العلم النانوي ودوره في حياتنا

# العلم النانوي
# ودوره في حياتنا

أ. د. قحطان خلف الخزرجي

د. أسيل باسم الزبيدي    د. رنا عفيف عناني

**2011**

**دار دجلة**

مكتبة الإكسير الإلكترونية
Al-Exir Electronic Library

المحتويات

# مقدمة الكتاب

أخذت التقنية النانوية حيزاً واسعاً في مجالات حياتنا اليومية وطرقت جميع الابواب لتشارك وتضع لمستها وبصمتها في كل علم. لقد تم مناقشة العديد من جوانب التقنية النانوية في كتابنا الاول "التقنية النانوية" ( Nanotechnology) الصادر في عام 2010، حيث شمل المواد النانوية (Nanomaterials) بانواعها المختلفة من بنية وتبلور وقياس نانوي والمساحيق والقضبان والانابيب والاسلاك والمواد المتراكبة والدقائق الهجينة العضوية – لاعضوية والاطيان والحالات والوسطية. كما شمل احد فصول الكتاب خواص المواد النانوية ( Properties of nanomaterials) من كهربائية وبصرية وكيميائية وميكانيكية ومغناطيسية وصولاً الى الخواص الحرارية.

تصنيع النانو ( Nanomanufacturing) اخذ حيزاً ايضاً وشمل الطرائق النزولية والصعودية وطريقة الاعلى – اسفل والاسفل – اعلى وطرائق اخرى. ولم يقتصر على ذلك بل وشمل تطبيقات المواد النانوية (Application of nanomaterials) في مجالات عديدة بالاضافة الى عرض شامل للعديد من الوسائل والادوات النانوية .(Nanodevices)

مكتبة الإكسير الإلكترونية Al-Esir Electronic Library

وفي كتابنا الثاني " العلم النانوي في حياتنا" ( Nanoscience in our life) هذا نود تعريف القاريء على بعض الامور التي تتعلق بالتقنية النانوية والعلم النانوي وتلازمهما مع مجالات حياتنا اليومية وكيف اننا سنصل الى درجة عالية من التطور لو تم تطبيق هذه التقنية في مجتمعنا لتشمل هذا الكون والطبيعة والمجتمع والصحة والبيئة والطاقة والغذاء والزراعة والمواد الحيوية واللاعضوية والطب النانوي والاتصالات الى غير ذلك من المجالات المتعلقة بحياتنا اليومية مع عرض موسع للاجهزة النانوية المستخدمة. أملين ان يضيف هذا الكتاب ولو جزءاً بسيطاً من المعرفة والتطور الذي دخل عالمنا هذا.

المؤلفون

بغداد 2010

# الفصل الأول

# نبذة عن التقنية النانوية

# نبذة عن التقنية النانوية

## *Simple View of Nanotechnology*

### 1-1 تقدم التقنية النانوية الذرية والجزيئية

### Advances in Atomic and Molecular Nanotechnology

كل شيء حولنا مصنع من الذرات وهي الكتل البنائية العنصرية الصغيرة جداً ( **Tiny elemental building blocks**) للمادة، التي تبدأ من الحجر ( **Stone**) الى النحاس ( **Copper**)، الى البرونز ( **Bronze**) والحديد (**Iron**) والفولاذ (**Steel**) والسيليكون (**Silicon**).

تعرف التقنية الرئيسية التي تعمل على تطوير متطلبات البشر بتلك الذرات التي تستطيع العمل في التجمعات الضخمة ( **Huge aggregates**)، تريليون تريليون ( **Trillions**) من الذرات المصبوبة ( **Molded**) والمشكلة (**Shaped**) والمصفاة كأشياء مرئية (**Macroscopic**).

ان التقنية النانوية الذرية والجزيئية هي القدرة على الترتيب نظامياً (**Systematically organize**) والخواص المعالجة ( **Manipulate properties**) وسلوك المادة في المستوى الذري والجزيئي. ان المجادلة (**Argued**) خلال التقنية النانوية تصبح ممكنة لخلق وسائل فعالة ومواد وانظمة من 1 الى 100 نانومتر (واحد بليون من المتر **One billionth of a meter**) لقياس الطول.

ان سبب كون القياس النانوي اصبح مهماً جداً هو ان السمات التاريخية للتقنية النانوية تقدمت ابتداءاً من محاضرة الباحث ( R.P. Feynman) عام 1959، حيث اقترن اسمه بالقياس النانومتري (Nanometer scale) وهو (*Feynman Φnman scale*) بعد التوزيعات الكبيرة لفاينمان للتقنية النانوية ( $1$ **Feynman** $[\Phi] \equiv 10^{-9}$ **meter=** $10^{-3}$ **Micron** $[\mu]=10$ **Angstroms** [Å]).

ان الاختراعات والاكتشافات الحديثة للسمات الذرية والجزيئية للتقنية النانوية متقدمة ومستمرة وتتعلق بالبحث وفعالية التطور، وان الاختراقات والتطورات المتوقعة في التقنية النانوية ستتكرر في السنوات القادمة.

ان البحث في دراسة الاساس الذري والجزيئي للمادة يتضمن التنبؤ في سلوك الموائع (Fluids) والمواد الصلبة (Solids) وتحولات الطور ( Phase transitions) الذي يبدأ بأعتبارات التداخلات بين الذرات وبين الجزيئات مابين الذرات والجزيئات في الاطوار المختلفة للمادة وانتقالات الطور.

ان جوهر التقنية النانوية هو القدرة على العمل في المستوى الجزيئي، أي ذرة بذرة لخلق بنى كبيرة بتنظيم جزيئي جديد اساسياً. الهدف هو استغلال الخواص من خلال السيطرة على البنى والوسائل عند المستويات الذرية والجزيئية وفوق الجزيئية ( Supramolecular) وتعلم التصنيع الكفوء واستعمال تلك الوسائل. وبأختصار فان التقنية النانوية هي القدرة لبناء مواد مرئية ( Macro) ومجهرية ( Micro) ونواتج بدقة ذرية ( Atomic precision).

**ان جوهر علم وتقنية القياس النانوي يعتمد على حقيقة ان المواد بالقياس النانوي تمتلك خواصاً (كيميائية وكهربائية ومغناطيسية وميكانيكية وبصرية) مختلفة تماماً عن تلك التي للمادة الاساس ( Bulk materials). مثل هذه الخواص بطريقة ما تكون حالة وسط ( Intermediate) بين خواص العناصر الاصغر (ذرات وجزيئات) للمواد المكونة منها وتلك المواد المرئية (Macroscopic materials).**

**مقارنةً بالمواد الاساس، فان البنى الجديدة للجسيمات النانوية تعزز خواص الاداء عندما تستخدم في تطبيقات مماثلة. التطبيقات المهمة للجسيمات النانوية معروفة لانتاج صنف جديد من العوامل المساعدة المعروفة كعوامل مساعدة نانوية ( Nanocatalysts). التقدمات الهامة في هذا المجال تساهم في الانتاج وتفسر بالتفصيل طبيعة المادة من تركيب (Composision) والحجم الحبيبي ( Particle size) والبنية (Structure) ودور الجسيمات النانوية كعوامل مساعدة في تعزيز التفاعلات الكيميائية، لان اداء العوامل المساعدة دالة قوية لتوزيع الحجم واحجام الجسيمات.**

**علم هيئة السطح ( Surface morphology)، أي نسبة السطح للحجم، والخواص الالكترونية للمواد تكون ملحوظة ( Appreciably) بسبب تغيرات حجم الجسيمة. على سبيل المثال، يلاحظ بان حرارة امتزاز اول اوكسيد الكاربون (CO) على العامل المساعد النيكل ( Ni) وطاقة تنشيط تفكك اول اوكسيد الكاربون تتغيران مع نقصان حجم دقائق النيكل للتخليق بواسطة طريقة ( Fischer –Tropsch) المعروفة جيداً للهيدروكاربونات الخفيفة**

(Light hydrocarbons) من تخليق الغاز (خليط من اول اوكسيد الكاربون والهيدروجين).

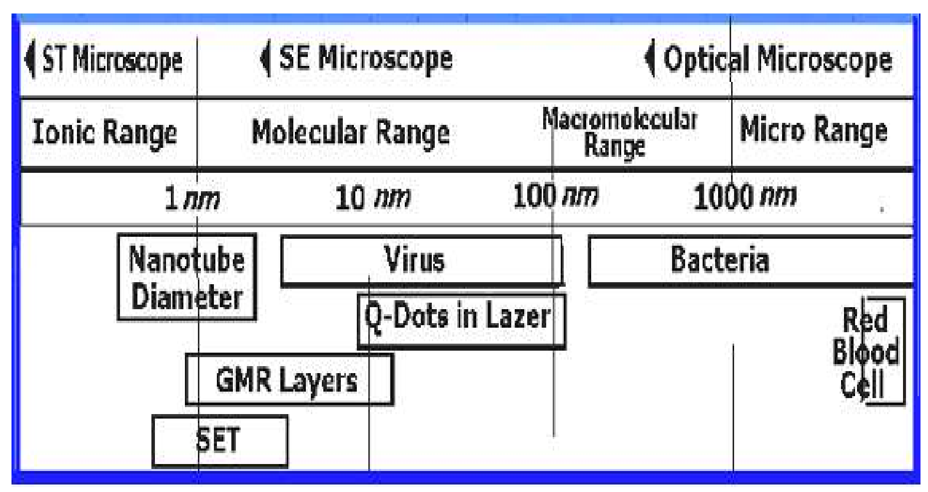
## 1 ـ2 اهمية القياس النانوي

**The Importance of Nanoscale**

**الكلمة اليونانية ( Nano) تعني القزم وتشير الى الاختزال في الحجم او الزمن بـ $10^{-9}$ الذي يمثل الف مرة اصغر من المايكرو ( Micro). ان النانومتر هو واحد بليون من المتر ويكافيء كذلك عشرة انكسترومات، أي ان النانومتر $10^{-9}$ متر وهو 10000 مرات اصغر من قطر الشعرة البشرية. قطر الشعرة البشرية هو 50 مايكرون ($50 \times 10^{-6}$ متر) في الحجم، هذا يعني بان 50 نانومتر يوازي حوالي ($1/1000^{th}$) من سمك الشعرة. ان واحد نانومتر مكعب ($nm^3$) تقريباً يساوي 20 مرة حجم ذرة مفردة.**

**الشكل (1−1) يبين مديات حجم مختلف لاشياء بقياس نانوي مختلف ابتداءاً من الكيانات الصغيرة ( Small entities) مثل الايونات والذرات والجزيئات، وكذلك يبين الشكل مدى حجم التقنية النانوية المتعلقة بالاشياء مثل اقطار الانابيب النانوية ( Nanotube) والترانسستر منفرد الالكترون (Sigle – electron transistor) والنقاط الكمية (Quantum dot).**

**من الواضح بان العلم النانوي ( Nanoscience) والهندسة النانوية (Nanoengineering) والتقنية النانوية ( Nanotechnology) تشمل الاشياء والانظمة ذات الحجم الصغير جداً.**




الشكل (1-1): مقارنة لمدى الحجم لبعض الكيانات مع بعض وسائل التقنية النانوية:

***SET:*** **Single – electron transistor**

***GMR:*** **Giant magneto resistive**

***Q-DOTS:*** **Quantum dots**

***SE:*** **stands for Scanning Electron**

***St:*** **stands for Scanning Tunneling.**

**ان القياس النانوي هو نقطة ساحرة في قياس الابعاد، والبنى في القياس النانوي تدعى البنى النانوية ( Nanostructures) التي تعتبر خط الحدود للوسائل الاصغر المصنعة من قبل البشر والجزيئات الاكبر لنظام الحياة. ان القابلية على معالجة والسيطرة على البنى النانوية يجعل من الممكن اكتشاف خواص كيميائية وفيزيائية وحيوية مؤثرة للانظمة التي تكون حالة وسطية في الحجم بين الذرات الفردية والجزيئات والمواد الضخمة (Bulk).**

**هنالك العديد من الاسباب التي تجعل من القياس النانوي مهماً جداً والبعض منها:**

**1- خواص الكم الميكانيكية للالكترونات داخل المادة التي تؤثر على القياس النانوي من خلال الاهتزازات، وبتصميم القياس النانوي للمواد من الممكن تغيير الخواص المرئية والمجهرية ( Micro and Macroscopic properties) للمواد مثل سعة الشحنة ( Charge capacity) والمغنطة ( Magnetization) ودرجة الانصهار (Melting temperature)، بدون تغيير التركيب الكيميائي للمواد.**

**2- الميزة الرئيسية للكيانات الحيوية ( Biological entities) تكون الترتيب النظامي للمادة ضمن القياس النانوي، والتطورات في العلم النانوي (Nanoscience) والتقنية النانوية سوف تسمح لنا بصنع اشياء نانوية القياس ضمن خلايا الحياة. وسوف يكون ممكنناً كذلك تصنيع مواد باستخدام مميزات التجمع الذاتي ( Self – assembly) للطبيعة، وهذا سيكون بالتأكيد ارتباطاً قوياً ( Powerful combination) لعلم الاحياء والمواد.**

**3- مكونات القياس النانوي تمتلك نسبة سطح الى حجم عالية جداً تجعلها مثالية للاستخدام في المواد المتراكبة ( Composite materials) والانظمة المتفاعلة ( Reacting systems) وانتقال الدواء (Drug delivery) وخزن الطاقة الكيميائية ( Chemical energy storage)، مثل الهيدروجين والغاز الطبيعي.**

4- ان الانظمة المرئية (Macroscopic systems) المصنعة من البنى النانوية (Nanostructures) ممكن ان تمتلك كثافة عالية من تلك المصنعة من البنى المجهرية ( Microstructures)، وتكون كذلك افضل توصيلاً للكهرباء. وهذا ممكن ان يكون مباديء لاجهزة الكترونية جديدة ودوائر اصغر واسرع ووظائف اكثر تطوراً واستهلاكاً اقل للطاقة وذلك بواسطة السيطرة على تداخلات البنية النانوية والتعقيد (Complexity).

## 1 3 الاساس الذري والجزيئي للتقنية النانوية

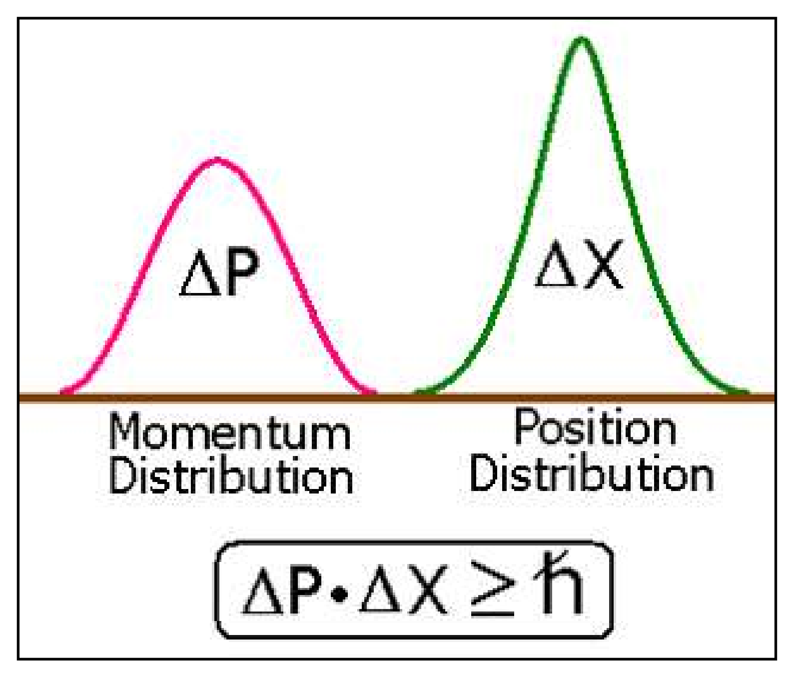
## Atomic and Molecular Basis of Nanotechnology

النظرية الجزيئية للمادة تبدأ بالميكانيك الكمي ( Quantum mechanics) والميكانيك الساكن ( Statistical mechanics)، ووفقاً للميكانيك الكمي، مبدأ اللادقة لهايزنبيرك ( Heisenberg uncertainty principle)، فان موقع وعزم الشيء لايمكن تقديره انياً وبدقة. الشكل ( 1- 2) يبين كيف يتم العمل بالمستوى الذري والجزيئي، ذرة بذرة لتكون اساساً للتقنية النانوية.

يساعد مبدأ اللادقة لهايزنبيرك في تقدير حجم الغيوم الالكترونية (Electron clouds) وبذلك يقدر حجم الذرات، ووفقاً لمبدأ العالم ويرنر هايزنبيرك (Werner Heisenberg) فان الدقة الاكثر لتقدير الموقع تقابل الدقة الاقل لمعرفة العزم ( The more precisely the position is determined, the less precisely the momentum is known).

ويطبق مبدأ اللادقة لهايزنبيرك فقط على الدقائق الذرية الثانوية

(Subatomic particles) مثل الالكترون والبوسيترون ( Positron) والفوتون (Photon) والخ.




الشكل (1−2): مبدأ اللدقة لهايزنبيرك

على الرغم من اننا مدركين ان العديد من الباحثين يتعاملون مع كيانات بحجم النانو، الا ان الولادة التاريخية للتقنية النانوية مدينة للباحث فاينمان ( Feynman). عرفت التقنية النانوية تاريخياًً لاول وهلة كمجال فعال للبحث مع محاضرة المعلم الملقاة من قبل الباحث ريشارد فاينمان (Richard P. Feynman) الفيزيائي المشهور في 29 كانون الاول 1959 عند اللقاء السنوي للمجمع الفيزيائي الامريكي ( American Physical Society).

**وصف الباحث من خلال حديثه كيف ان قوانين الطبيعة لاتحدد قابليتنا للعمل عند المستوى الجزيئي، ذرة ذرة. تحدث بدلاً من ذلك عن قلة الاجهزة الملائمة والتقنيات للعمل. وتحدث الباحث كذلك في محاضرته حول " How do we write small?" و"Information on a small scale" وامكانية امتلاك مجاهر الكترونية افضل " Better electron microscopes" تستطيع اخذ صور للذرة وتعمل اشياء صغيرة القياس خلال نظام حيوي رائع "The marvelous biological system" وتصغير الحاسوب "Miniaturizing the computer" والتصغير بواسطة التبخير "Miniaturization by evaporation"، مثال الفيلم الرقيق ( Thin film) المتكون بترسيب البخار كيميائياً، وحل مشاكل التزييت " Problems of lubrication" من خلال تصغير المكائن والانسان الالي النانوي (Nanorobotics) واعادة ترتيب الذرات " Rearranging the atoms" لبناء بنى نانوية ووسائل نانوية مختلفة، وسلوك الذرات في العالم الصغير "Atoms in a small world" التي تتضمن صناعة قياس ذري كطريقة الاسفل – اعلى (Bottom – up) المعاكسة لطريقة اعلى – اسفل ( Top - down).**

**طريقة الاسفل – اعلى (Bottom – up) هي التجمع الذاتي للمكائن من الكتل الكيميائية الاساسية التي تعد مثالية من خلال التقنية النانوية التي ستكون بالنهاية مطبقة (Implemented). طريقة الاعلى – اسفل (Top – down) هي التجمع بواسطة المكونات المعالجة بوسائل اكبر واكثر استعداداً لقابليةً الانجاز باستخدام التقنية الحالية.**

من المهم الاشارة بان اغلب الافكار الموجودة في محاضرة الباحث فاينمان هي الان تحت التركيز البحثي من قبل عدد من باحثي التقنية النانوية حول العالم. فمثالاً تحدى الباحث في محاضرته الجالية العلمية ( Scientific community) ووضع جائزة نقدية للتجارب المعروضة في دعم التصغير.

لقد اقترح الباحث افكار متطرفة ( Radical) حول تصغير المادة المطبوعة ( Printed matter) والدوائر ( Circuits) والمكائن (Machines). وقد قال الباحث "There's no question that there is enough room on the head of a pin to put all of the Encyclopedia Britanica".

تحدى الباحث على التصغير وتوقعه الدقيق الصائب بانه سيقابله بعد اربعين سنة أي في 1999 بواسطة فريق العلماء اللذين يستخدمون ادوات التقنية النانوية التي تدعى مجهر القوة الذري ( Atomic Force Microscope AFM) لانجاز غرس قلم الطباعة الحجرية النانوية ( Dip Pen Nanolithography DPN).

في ( DPN)، فان رأس ( Tip) مجهر القوة الذري يطلى ببساطة بجزيئات الحبر وتوضع بعد ذلك بتماس مع السطح ليكون منمذجاً. يعد الماء من اشكال الوسط المباشر الشعري بين رأس المجهر والسطح. يكون العمل بطريقة تبحث امكانية تقنية الـ ( DPN) اكثر من الاداة الملتوية للكتابة النانوية (Nanowriting) والتركيز على التطبيقات في الالكترونيات الصغيرة (Microelectronics) والفحص الصيدلي ( Pharmaceutical

**screening) وتقنية تحسس الجزيئات الحيوية ( Biomolecular sensor technology).**

**تحدث الباحث فاينمان في 1983 حول نظام تصنيع التقييس (Scaleable manufacturing system) الذي يستطيع تصنيع نسخة طبق الاصل (Replica) بقياس اصغر منه نفسه، يضاعف نفسه تباعاً في قياس اصغر وهكذا لغاية الوصول الى القياس الجزيئي.**

**في عام 1960 اعترف الباحث فاينمان واوصى باهمية التقنية النانوية وان الوسائل ضرورية لهذه التقنية حيث انها غير مخترعة لحد الان. في هذا الوقت كان العالم مفتوناً ( Intrigued) باستكشافات ( Exploration) واكتشافات (Discoveries) الفضاء والرغبة (Desire) بالوصول الى القمر، ويعزى ذلك ربما الى التنافسات السياسية ( Political rivalries) على الوقت وربما بسبب وعد اكبر بحدود جديدة.**

**ان اسم القياس النانومتري ( Nanometer scale) يلائم قياس فاينمان "Feynman (Ø nman) scale" بعد المساهمة العظيمة لفاينمان وقد اقترح الرمز " Ø" المشابه لـ ( Å) المستخدم لقياس الانكستروم (Angstrom) و (µ) المستخدم لقياس المايكرون (Micron).**

***One Feynman (Ø) ≡ 1 Nanometer (nm) = 10 Angstroms (Å) = $10^{-3}$ Micron (µ) = $10^{-9}$ Meter (m)***

## 1 4 بعض الاكتشافات والاختراعات الرئيسية الحديثة

**Some Recent Key Inventions and Discoveries**

### 1-4-1 المجهر الماسح النفقي

**Scanning Tunneling Microscope**

لاقت التقنية النانوية اوج عظمتها باختراع المجهر الماسح النفقي (STM) في عام 1985 من قبل جيرد بينيك (Gerd K. Binnig) وهاينريش روهور (Heinrich Rohrer) فريق العلماء في مختبر بحوث أي بي ام (IBM`s Zürich Research Laboratory) وذلك بعد واحد واربعين سنة من تنبؤات فاينمان.

لاحراز التقدم الى عالم وسائل حجم الجزيئة والتي تكون ضرورية لمسح المنظر الطبيعي عند القياس الصغير جداً يسمح هذا المجهر بتصوير سطوح المواد الصلبة بدقة القياس الذري، ويعمل معتمداً على التيار النفقي الذي يبدأ بالجريان عندما يصعد الرأس الحاد على ماسح الـ (Piezoelectric) ويصل السطح الموصل على مسافة حوالي 1 نانومتر (1 Ø). يسجل هذا المسح ويعرض كصورة لهيئة السطح (Surface topography).

### 2-4-1 مجهر القوة الذرية

**Atomic Force Microscope**

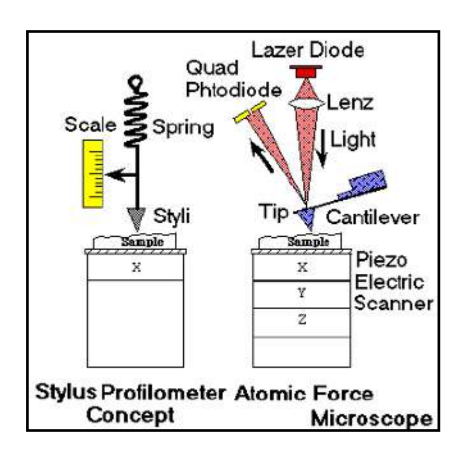
بعد جائزة نوبل في عام 1986 المقدمة لـ جيرد بينيك (Gerd K. Binnig) وهاينريش روهور (Heinrich Rohrer) لاكتشاف (STM) تلاه بسرعة تطورات في التقنيات المرتبطة بهذا المجهر والتي صنفت على

**هيئة عامة لتقنيات متحسس المجهر الماسح ( Scanning Probe Microscopy SPM). الشكل (1−3) يبين تخطيطاً لنوعين من مجاهر القوة الذرية.**

**مجهر القوة الذرية المبين في الشكل ( 1−3) هو تجميع لمبدأ المجهر الماسح النفقي ( STM) وابرة الـ ( Stylus profilometer)، وهو يمكننا من دراسة السطوح غير الموصلة ( Non – conducting surfaces) ومسح قوى فاندر فال ( Van der Waals forces) برؤسه الذرية (Atomic tips).**

**مجاهر القوة الذرية المباعة من قبل اغلب المصنعين تكون سهلة للمستخدم وتعطي صور تفصيلية. مجهر القوة الذرية يمتلك تطبيقات متعددة الاستخدام في التقنية النانوية وكذلك في المجالات الاخرى للعلوم والهندسة. المكونات الرئيسية لهذه الاداة تكون كابولي رقيق ( Thin cantilever) وحادة جداً ورأس متحسس بنصف قطر 1−10 نانومتر ([Ø] 1-10 nm) وماسح ثلاثي الابعاد بيزوكهربائي ( 3D piezo – electric scanner) ونظام بصري لقياس انحراف الكابولات (Deflection of the cantilever).**

**عندما يوضع الرأس في تماس مع السطح، او بتقريبه، او نقره للسطح، يتأثر بترابط قوى السطح، جذب ونفر ( Attractive and repulsive). تسبب هذه القوى ترابط الكابولات والالتواء ( Cantilever bending and torsion) الذي يقيس انحراف حزمة الليزر المنعكسة.**




**الشكل ( 1−3): تخطيط لمجهر القوة الذري المثالي ووظائفه بالمقارنة مع**

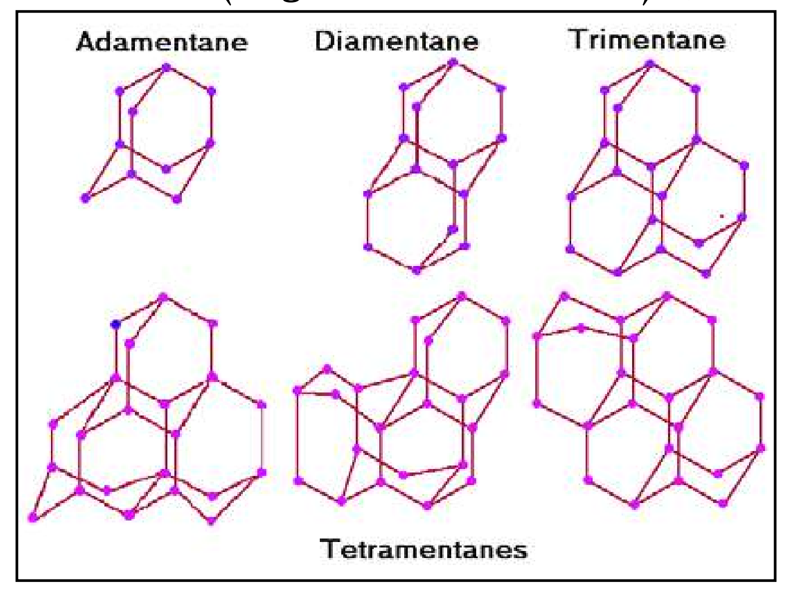
**(Stylus profilometer). يمتلك مجهر القوة الذري تشابهات لـ ( Stylus profilometer) التقليدي ولكن بدقة عالية بقياس النانو.**



## 3-4-1 الدايودات الماسية Diamondoids

**اكتشفت جزيئات الدايودات الماسية الاصغر لاول مرة وعزلت من النفط التشيكوسلوفاكي ( Czechoslovakian petroleum) في عام 1933. اختير هذا الاسم لها لكون الماس يمتلك بنية مشابهة للشبكة الحيزية للماس (Diamond lattice) ذات التناظر العالي ومحررة الاجهاد كما مبين في الشكل (1−4). وهذه البنية مصاحبة عموماً لكميات قليلة من ( Alkylated adamantances: [2-methyl-; 1-ethyl-; and probably 1-**

**methyl-;    1,3-dimethyl). من منطلق التقنية النانوية الحيوية (Bionanotechnology) لعرض الدايودات الماسية فانها تكون على هيئة بنى نانوية عضوية (Organic nanostructures).**




**الشكل (1-4): البنى الذرية لجزيئات الدايودات الماسية (Diamondoid)، وهي مركبات تمتلك بنى حلقية تشبه منصهراً والتي قد تمتلك العديد من التطبيقات في التقنية النانوية.**

**ان صلابة ( Rigidity) وقوة ( Strength) وتشكيلة ( Assortment) الاشكال الثلاثية الابعاد للديودات الماسية تجعلها كتلاً بنائية لجزيئات ثمينة. وان البنية الفريدة للادمانتان ( Admantane) تكون منعكسة في خواصها الفيزيائية والكيميائية غير العادية جداً. الهيكل البنائي للكاربون في الادمانتان (Admantane) يشمل بنية قفص صغير ( Small cage structure)، ولذلك فان الادمانتان ( Admantane) والدايودات الماسية**

**(Diamondoids) عموماً تعرف بقفص الهيدروكاربونات ( Cage hydrocarbons). بتعبيرٍ اوسع قد تكون موصوفة كبنية متعددة الحلقات (Polycyclic) وهيدروكاربونات تشبه القفص.**

**وابسط الديودات الماسية متعددة الحلقات هو ادامانتان (Adamantane) المتبوع بالايمانتان الثنائي المتشابه ( Homologues diamantane) والثلاثي ( -Tria) والرباعي ( -Tetra) والخماسي (-Penta) والامانتان السداسي (Hexamantane).**

**تقدم الدايودات الماسية ( Diamondoids) احتمالية لانتاج تنوع في اشكال البنى النانوية، وتمتلك قوة ( Strength) عالية تماماً ومتانة (Toughness) وجساءة ( Stiffness) بالمقارنة مع الجزيئات المعروفة الاخرى.**

**تسمى الدايودات الماسية ( Diamondoids) حالياً بالكتل البنائية للتقنية النانوية، وفيما يلي قائمة جزئية لتطبيقات الدايودات الماسية (Diamondoids) في التقنية النانوية <u>ومجالات اخرى</u>:**

**1- دواء ضد الفايروس (Antiviral drug).**

**2- اقفاص لنقل الدواء (Cages for drug delivery).**

**3- استهداف الدواء (Drug targeting).**

**4- نقل الجينات (Gene delivery).**

**5- في تصميم خلية الدم الحمراء الاصطناعية ( Artificial red blood cell) والمسماة بالـ (Respirocyte).**

**6- في الانسان الالي النانوي (Nanorobot).**

7- المكائن الجزيئية (Molecular machine).

8- المتحسس الجزيئي (Molecular probe).

9- الوسائل النانوية (Nanodevices).

10- الصناعة النانوية (Nanofabrication).

11- النموذج النانوي (Nanomodule).

12- الكتل البنائية الجزيئية العضوية ( Organic molecular building blocks) في تكوين البنى النانوية.

13- تصميم الدواء المعتمد على (Pharmacophore).

14- التجمع الموقعي (Positional assembly).

15- تحضير مجسات جزيئية مشعة ( Fluorescent molecular probes).

16- التصميم العقلاني لانظمة الدواء متعدد الوظائف (Multifunctional) وحاملات الدواء (Drug carriers).

17- التجمع الذاتي: التجمع الذاتي لموجه الـ (DNA).

18- بنى نانوية موجهة الشكل (Shape - targeted).

19- تخليق فوق الجزيئات (Supramoleculesw) مع الهندسة المعمارية المعالجة (Manipulated architecture).

20- اشباه الموصلات التي تُظهر الفة الكترونية سالبة ( Negative electron affinity).

## 4-4-1 كرات البوكي Buckyballs

ان الاكتشاف الاكثر شعبية الى حد بعيد في التقنية النانوية هو جزيئات الـ (Buckminsterfullerene). الـ Buckminsterfullerene (or Fullerene)، $C_{60}$، والمبين في الشكل (1−5) وهو تأصل (Allotrope) اخر للكاربون (بعد الكرافيت والماس) المكتشف في عام 1985 من قبل كروتو (Kroto) والمتعاونون معه اللذين استخدموا تبخير الكرافيت بالليزر (Laser evaporation of graphite) ولقد وجدوا تجمعات لـ $C_n$، حيث ان n اكبر من 20 وباعداد زوجية (with n>20 and even-numbers) لتلك الاكثر شيوعاً لايجاد $C_{60}$ و $C_{70}$.

اكتشفت لاحقاً الفوليرينات (Fullerenes) ذات العدد الاكبر من ذرات الكاربون ($C_{76}$, $C_{80}$, $C_{240}$, etc.). منذ اكتشاف الفوليرينات بعقد ونص، الجزء الاكبر من البحوث توجه نحو هذه الاهتمامات والبنى النانوية الفريدة، وقد وجدت تطبيقات كثيرة في التقنية النانوية.

في عام 1990 طُورت طرق اكثر فاعلية واقل كلفة لانتاج الفوليرينات من قبل الباحث كراتجمير (Krätchmer) والمتعاونون معه. توفر الفوليرين الواطيء السعر سيمهد الطريق لبحوث مستقبلية في التطبيقات العملية للفوليرين ودوره في التقنية النانوية.

Nanotube
Diamond
Graphite
Fullerene

الشكل (1−5): التأصلات (Allotropes) الاربعة للكاربون

## 5-4-1 انابيب الكاربون النانوية Carbon Nanotubes

اكتشفت انابيب الكاربون النانوية من قبل الباحث ايجيما ( Iijima) في عام 1991 باستخدام المجهر الالكتروني اثناء دراسة تبخر المادة الكاثودي خلال تبخير كرافيت الكاربون في مفاعل التبخير بالقوس الكهربائي تحت محيط جوي داخلي اثناء تخليق الفوليرينات. كانت الانابيب النانوية المنتجة من قبل ( Iijima) مصنعة من شبكة دقيقة من الكرافيت السداسي (Perfect network of hexagonal graphite)، والشكل (1−5) يبين شكل انبوب مجوف ملفوف.

يتراوح قطر الانبوب النانوي من 1 الى بضعة نانومترات، وهو اصغر من مدى طوله الذي يبلغ 1 مايكرومتر تقريباً. تطور الاختلاف في تقنيات التصنيع لتخليق وتنقية انابيب الكاربون النانوية مع المميزات المضبوطة والوظائف.

ان الانتاج المسيطر عليه لانابيب الكاربون احادية الجدار ( Single - walled) هو احد الاشكال المفضلة في العلم النانوي والتقنية النانوية. ترسيب البخار الكيميائي بالليزر ( Laser chemical vapor deposition) يرتبط بالتفاوت في العامل المساعد المعدني ( Metal – catalyzed disproportion) الخاص بالتغذية الكاربونية المناسبة

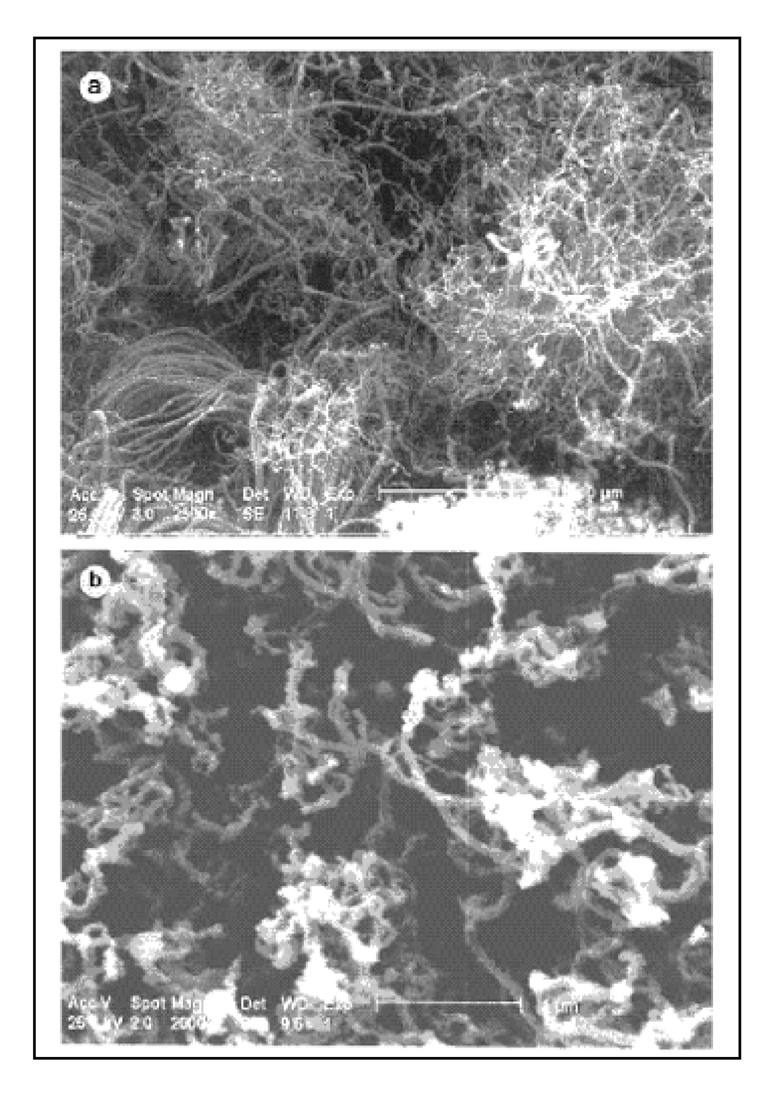
(Suitable carbonaceous feedstock) المستخدمة لانتاج انابيب الكاربون النانوية.

ان انابيب الكاربون النانوية والفوليرينات الظاهرة تمتلك خواص ضوئية كيميائية ( Photochemical) والكترونية ( Electronic) وحرارية (Thermal) وميكانيكية ( Mechanical) غير عادية. وتبين كذلك بان انابيب الكاربون النانوية احادية الجدار ( SWCNTs) تتصرف كأجسام معدنية ( Metallic) وشبه معدنية ( Semi-metallic) او شبه موصلة (Semi-conductive) احادية البعد ( One-dimensional)، وان توصيليتها الحرارية الطولية ( Longitudinal thermal conductivity) يمكن ان تتجاوز التوصيلية الحرارية المستوية ( In-plane thermal conductivity) للكرافيت.

مقاومة الشد ( Tensile strength) للحبال المصنوعة من انابيب الكاربون النانوية اعلى بـ 100 مرة من مقاومة الفولاذ. عندما تتبعثر في وسط اخر فانها تظهر بان انابيب الكاربون النانوية المحتفظة بخواصها الميكانيكية الجوهرية او حتى خواص البنية المندمجة لاوساطها المضيفة. ان انابيب الكاربون النانوية تمتلك توصيلية كهربائية مشابهة للنحاس وتوصيلية حرارية مشابهة للماس.

هنالك الكثير من الاهتمام والفعالية حالياً لايجاد تطبيقات للفوليرين وانبوب الكاربون النانوي، وهنالك العديد من فعاليات البحوث المستمرة لفهم مميزات انابيب الكاربون النانوية التي تتضمن خواصها الفيزيوكيميائية (Physicochemical properties) واستقرارها وسلوكها تحت ظروف

**الجهد والاجهاد ( Stress and strain) وتداخلاتها مع الجزيئات الاخرى والبنى النانوية ومرافقتها للتطبيقات الفريدة.**




**الشكل (1−6): انابيب الكاربون النانوية المنتجة باستخدام الترسيب البخاري الكيميائي المعزز بالبلازما عند درجات حرارة مختلفة.**

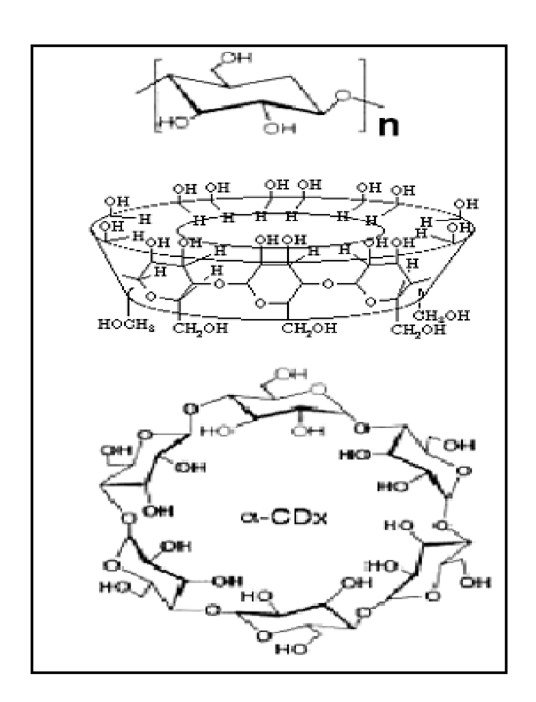
**صور المجهر الالكتروني الماسح لانابيب الكاربون المترسبة عند (a) 650 درجة مئوية و (b) عند 700 درجة مئوية.**

## 6-4-1 الدكسترينات الحلقية ومحلل الدهون والجسم المضاد احادي الجنس

**Cyclodextrins, Liposome and Monoclonal Antibody**

**في نفس الوقت الذي اجريت فيه التجارب من قبل علماء المواد والكيمياء والفيزياويون للبنى مثل انابيب الكاربون النانوية وكرات البوكي والدايودات الحلقية، تقدم علماء الاحياء في تجاربهم بالبنى ذات القياس النانوي مثل الديكسترينات الحلقية ( Cyclodextrins) ومحللات الدهون (Liposomes) والاجسام المضادة احادية الجنس ( Monoclonal antibodies).**

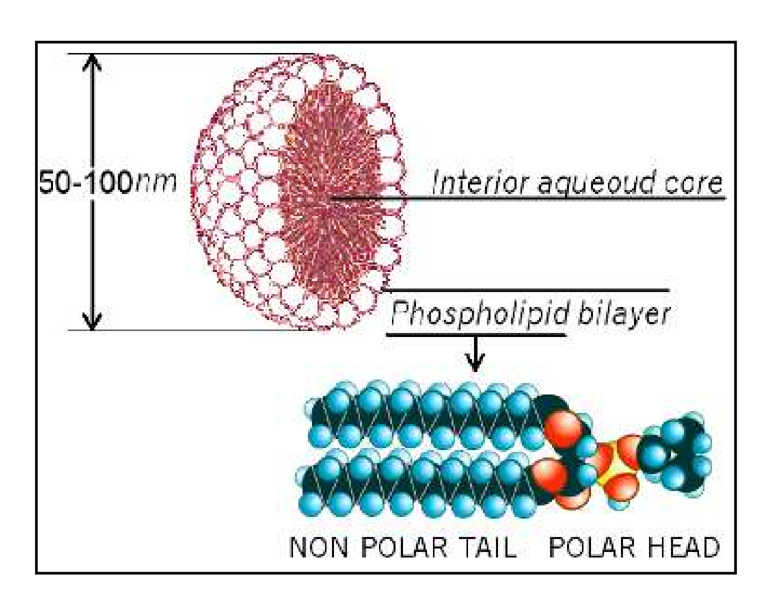
**هذه البنى النانوية الحيوية ( Biological nanostructures) تمتلك العديد من التطبيقات التي تتضمن ناقلات الدواء ( Drug delivery) ومستهدِفات الدواء ( Drug targeting). ان الديكسترينات الحلقية (Cyclodextrins) المبينة في الشكل ( 1−7) هي ( Cyclic oligosaccharides)، اشكالها تشبه المخروط المقطوع ( Truncated cone) وتمتلك مجاميع طاردة للماء داخلية ( Hydrophobic interior) نسبياً، وتملك قابلية لتكوين معقدات متدرجة (Inclusion complexes) مع مدى واسع من المواد في المحاليل المائية. هذه الخاصية تقود الى تطبيقها لتغليف الادوية (Encapsulation of drugs) وناقلات الدواء.**




**الشكل (1−7): الصيغة الكيميائية وبنية الديكسترين الحلقي ، لـ n=6 والذي يدعى (α-CDx)، ولـ n=7 يدعى (β-CDx)، ولـ n=8 يدعى (γ-CDx).**

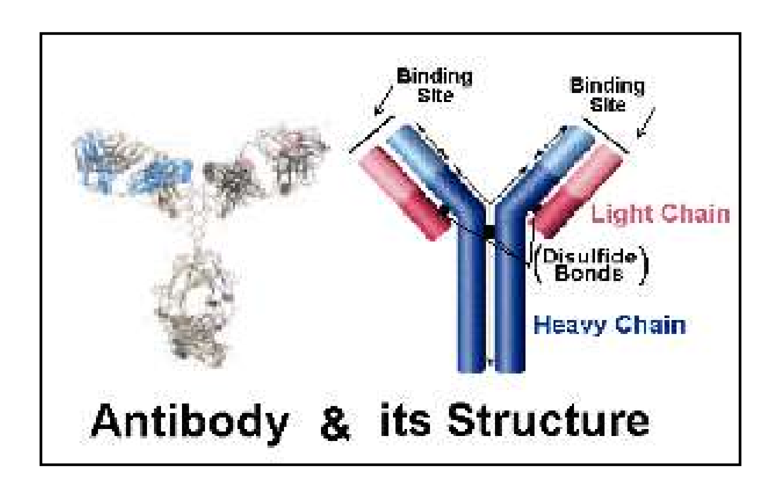
**اما محلل الدهون ( Liposome) فهو حويصلة دهنية ثنائية الطبقة مخلقة دائرية ( Spherical synthetic lipid bilayer vesicle) تخلق مختبرياً ببعثرة الدهون الفسفورية ( Dispersion of phospholipid) في المحاليل الملحية المائية، وهذه المادة مشابهة تماماً للايون الرغوي (Micelle) بمكون مائي داخلي.**

**يكون محلل الدهون ( Liposome) في مدى حجم القياس النانوي، كما مبين في الشكل (1−8)، الذي يبين التجمع الذاتي المعتمد على الخواص الجاذبة والطاردة للماء ( Hydrophilic and hydrophobic properties) وهو تغليف يحوي المواد بداخله. حويصلات محلل الدهون (Liposome) ممكن ان تستعمل كحاملات للدقائق المختلفة مثل جزيئات الدواء الصغيرة والبروتينات ( Proteins) والنيوكليوتيدات ( Nucleotides) والبلازمايدات ( Plasmids) للنسيج وفي الخلايا. مثلاً: الدواء المضاد للسرطان ( Anticancer drug) المتوفر تجارياً هو محلل دهون (Liposome) محمل بالدوكسورولايسين ( Doxorubicin) بقطر حوالي 100 نانومتر.**




**الشكل (1−8): مقطع عرضي لليبوسوم : حويصلة دهنية ثنائية الطبقة مخلقة مع غشاء خلية خارجي وتستخدم لنقل الجزيئات الصغيرة للنسيج والى الخلايا.**

اما بروتين الجسم المضاد احادي الجنس ( **Monoclonal**) فمكون من اربعة سلاسل بروتينية اثنتان ثقيلة واثنتان خفيفة، ويمتلك بنية بشكل حرف واي (**Y-shaped**) (الشكل 1−9)، وقطرها حوالي 10 نانومتر، وهذا الحجم الصغير مهمٌ لضمان العمل وريدياً لتلك الدقائق لتخترق الخلايا الشعرية الصغيرة التي تصلها في النسيج والتي تحتاج للمعالجة. اما البنى النانوية الاصغر من 20 نانومتر فتستطيع النفاذ خارج اوعية الدم.




الشكل (1−9)

أجسام البروتين المضادة التي تدعى (**Immunoglobulin**) والتي تصنع بواسطة الخلايا اللمفية (**Lymphocytes**) لتعادل المضادات (**Antigen**) او البروتين الغريب.

# الفصل الثاني

# التقنية النانوية في الطبيعة

# التقنية النانوية في الطبيعة

# *Nanotechnology in Nature*

## 1_2 نظرة الى الكون النانوي Look For the Nano - cosmos

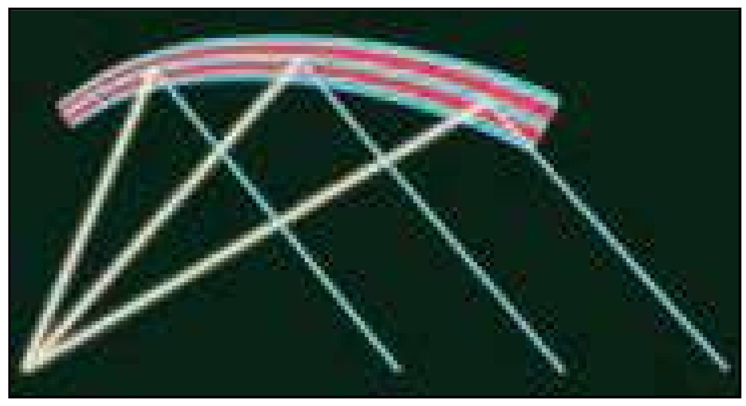
**ان التقنية النانوية في الفضاء ( Nanotechnology in Space) هي العاكسات ( Reflectors) الاوربية " النيوتون ( Newton)". ان منظار الاشعة السينية ( X – ray telescope) يكون ملمعاً لمعدل نعومة (Average smoothness) 0.4 نانومتر تمكنه من رؤية مصدر اشعاع الاشعة السينية ( X – ray radiation) في غيمة اندروميدا (Andromeda cloud).**

**تمتلك العاكسات معدل عدم استواء سطحي ( Surface unevenness) مقداره 0.4 نانومتر فقط، وتكون عاكسات الاشعة السينية المصممة لمطياف الاشعة السينية ( X – ray spectroscopy) والمجاهر (Microscopy) مبنية من بضعة مئات من طبقات عنصرين من العناصر الثقيلة ( Heavy elements) المختلفة، وربما تنحرف هذه الطبقات عن المثالية بمقدار كسر قطر الذرة (Fractions of the diameter of an atom).**

**اكتشفت خدعة ( Trick) طبقات العاكس ( Layered reflector) بواسطة طبيعة اطياف الضوء المرئي ( Visible light)، فالحيوان البحري الليلي (Euprymna) يوجه الضوء من بطاريات اللاضاءة ( Luminous**

batteries) الموجودة اسفل الردهة (Down ward) والمزودة بمرايا صغيرة جداً من بروتينات الانعكاس ( Reflection proteins)، التي تظهر بشكل رقعة سماء مليئة بالنجوم ( Imitating a patch of starry sky) لاي من المفترسين (Predators) اللذين يسبحون تحتها، شكل (1−1).

هذا المثال لتقنية نانوية حيوية ( Biological nanotechnology) اكتشف حديثاً في جامعة هواي (University of Hawaii).



الشكل (2−1): اداء منحني عاكس متعدد الطبقة لتحليل الاشعة السينية



الشكل (2−2): الحيوان البحري الليلي (Euprymna) وهو يشوش اعدائه من خلال طبقات البروتين العاكسة، مستمداً الضوء من بطاريات الاضاءة.

## 2-2 المسابر الماسحة Scanning Probes

تعد المسابر الماسحة عيوناً للكون النانوي، وقد حصل مكتشف المجهر الماسح النفقي ( Scanning tunnel microscope) على جائزة نوبل (Nobel Prize) بعد تطور الاجيال الاولى من المسابر الماسحة.

في المسابر الالكترونية الماسحة ( scanning electron probes)، تتكرر رؤوس بلورات البيزو ( Piezo) الماسحة وتعدل بعض الشيء في مجالات الذرات، وتكون حركات الرؤوس صغيرة ( Minuscule) ويُعدها عن مجال الذرة اقل من قطر الذرة نفسها، وهنا قد يحدث جريان التيار (Current flows) احياناً او تكتشف مجالات مغناطيسية ضعيفة جداً (Minute magnetic fields).

يتم تفسير النتائج تخطيطياً على السطح واعطاء الصور ( Image) والتتدقيق الى اخر ذرة بواسطة الحواسيب ( Computers) المعتمدة على مباديء القياسات المعروفة، وهنالك عمليات غير ملحوظة تستخدم في مجهر القوة الماسح ( Scanning force microscope)، مثل تحسس القوى الضعيفة ( Senses the minute forces) المجهدة على اوائل الذرة (Foremost atom) عند الرؤوس المتحسسة بواسطة الذرات في المجال الذري (Atomic field).

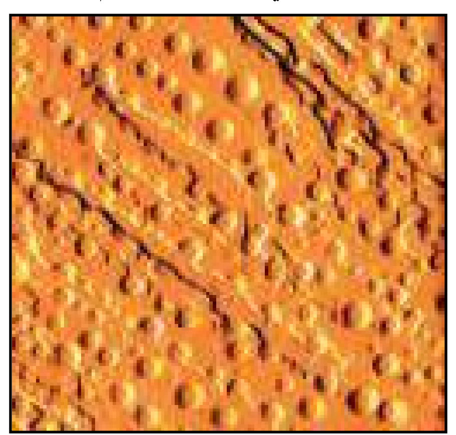
تستطيع العمليات ايضاً ان تحصل على صورة داخل الاغلفة الالكترونية (Electronic shells) للذرات، لتكشف اسرار المستوى النهائي (Ultimate level) للمادة. والشكل (2−3) يبين تجمع الكم ( Quantum Corral) الملاحظ من قبل الباحث دون ايكلر (Don Eigler)، حيث تعكس

الموجات في الداخل احتمالية الاصطدام القوية ( Likelihood of encountering) للالكترون.

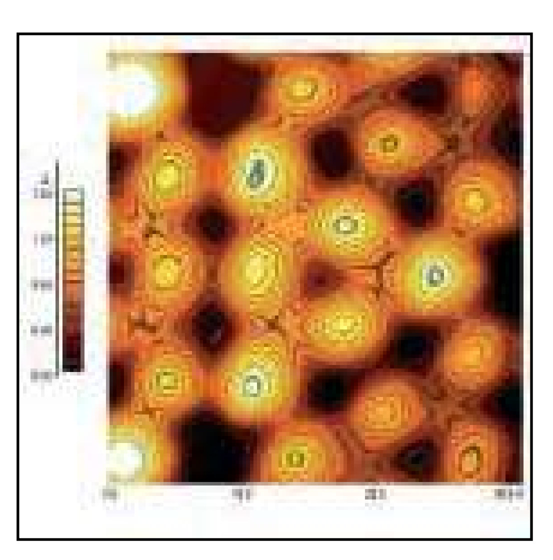
الشكل ( 2−4) يبين بلورة بروميد البوتاسيوم ( Potassium bromide) مع بقايا ذرية (Atomic terraces)، اما الشكل (2−5) فيبين السليكون في مرحلة الانتهاء (الانغلاق)، ومخططات كثافة الالكترون تحت مجهر القوة الماسح (Scanning force microscope).



الشكل (2−3):انعكاس الموجات في الداخل لاصطدام الاكثر احتمالاً للالكترون.



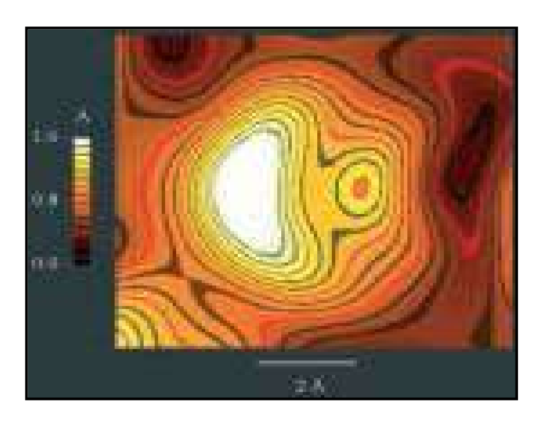
الشكل (2−4): بلورة بروميد البوتاسيوم مع بقايا ذرية



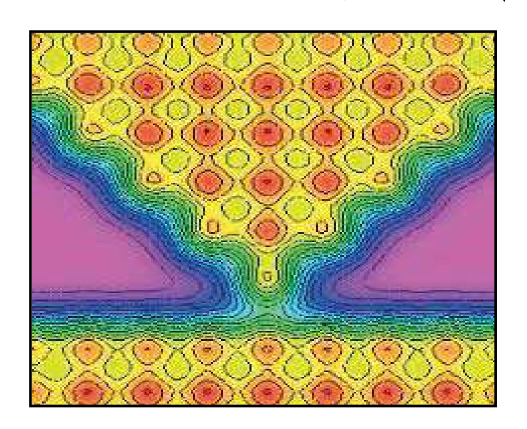
الشكل (2–5): السليكون في مرحلة الانتهاء (الانغلاق)،

ومخططات كثافة الالكترون تحت مجهر القوة الماسح.

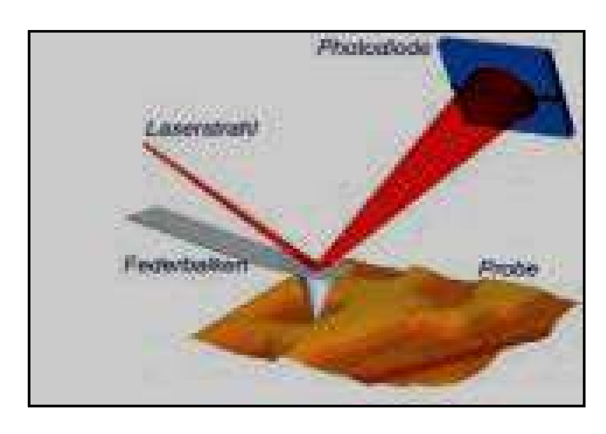
**يبين الشكل (2–6) الذرة الاولى لرأس التحسس المنبعثة من غيمتين الكترونيتين، والشكل ( 2–7) يوضح عرضاً تخطيطياً لرأس تقليدي (Classical tip) للمجهر الماسح النفقي ( STM). ان انحراف ابرة المتحسس ترسل اشارة الى الخلية الضوئية ( Photocell) بواسطة حزمة ليزرية في مجهر القوة الماسح ( Scanning force microscope)، وكما مبين في الشكل ( 2–8)، بينما يُستخدم المسبار لعمليات التشغيل (Switching) في الرقيقة (Chip)،كما في الشكل (2–9).**



**الشكل (2−6): الذرة الاولى لرأس التحسس المنبعثة من غيمتين الكترونيتين**



**الشكل (2−7): عرضاً تخطيطياً لرأس تقليدي في المجهر الماسح النفقي (STM).**




**الشكل (2−8): انحراف ابرة المتحسس التي ترسل الى الخلية الضوئية بواسطة حزمة ليزرية**



الشكل (2–9): استخدام المسبار لعمليات التشغيل (Switching) في الرقيقة (Chip)

## 3-2 الطباعة الحجرية Lithography

تعد الطباعة الحجرية شكلاً من اشكال تقنية انتاج رقائق الحاسوب بمساعدة الضوء، وفي هذه العملية يكون السطح المصقول جيداً للمادة شبه الموصلة (Semiconductor) هو رقائق السيليكون (Silicon wafer) المغطاة بطبقة حماية لحساسية الضوء (Light – sensitive protective) مطلية بصورة دائرة.

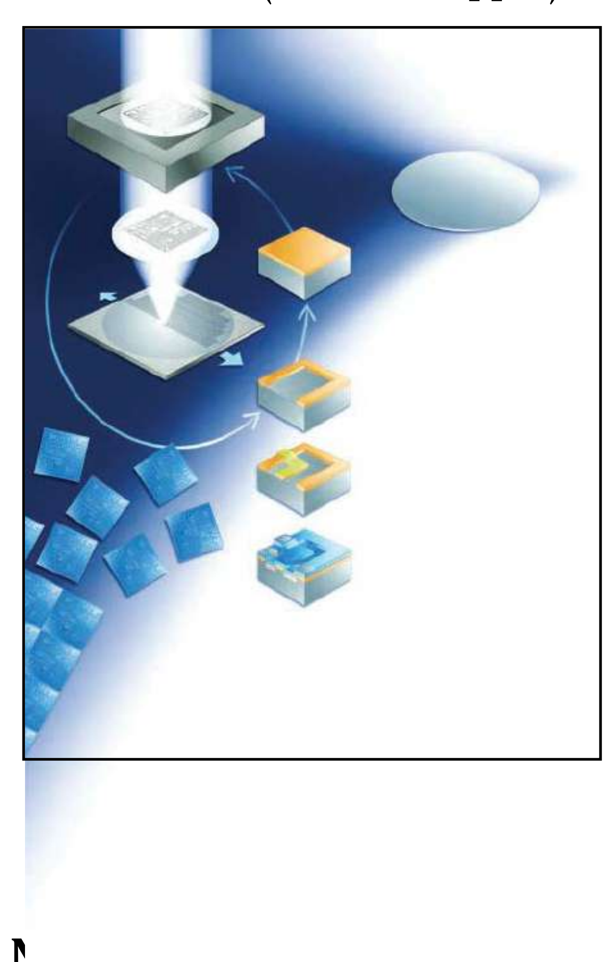
تطبق التغطية الحامية (Protective coating) للمساحات المتعرضة وغير المتعرضة من رقائق السيليكون لتعطي خواصاً كهربائية مطلوبة في عمليات الاظهار بالمذيب الكيمياوي (Etching) وزرع الذرات الغريبة (Implantation of foreign atoms) والترسيب (Deposition).

ان تكرار العملية مع نماذج جديدة ودوائر ستخلق في النهاية بعض البنى الاكثر تعقيداً والتي لا تخلق من قبل الباحث نفسه، مثل الدوائر العالية التكامل ( Highly integrated) او الرقائق ( Chips). تزداد كثافات الترانسسترات الى النقطة التي يكون فيها نصف مليون ترانسستر او اكثر يتلائم ضمن النقطة (Dot) المصنوعة بواسطة القلم.

الرقائق الحديثة تمتلك بنى اصغر من الطول الموجي للضوء المطبوع حجرياً، حيث ان الطول الموجي لليزر فلوريد الكريبتون ( Krypton – fluoride) هو 193 نانومتر ليخلق بنية بعرض 130 وقريباً من 90 نانومترات، والتي تكون ممكنة بمدى الخدع البصرية المبدعة ( Ingenious optical tricks) مثل تصحيح القرب البصري ( Optical proximity) و ازاحة الطور (Phase – shifting).

وضعت المؤسسات ( Foundations) حالياً طباعة حجرية فوق البنفسجية مفرطة ( Extreme Ultra – Violet (EUV)) والتي تستخدم الاطوال الموجية لـ 13 نانومتر وستكون قادرة في النهاية على انتاج بنى بعرض 35 نانومتر فقط في السيليكون. يوضح الشكل ( 2−10) عملية الطباعة الحجرية، حيث تتكون الرقيقة من بنية ثلاثية الابعاد ( Three – dimensional structure) في جميع عناصر التشغيل ( Switching elements) وتترتب في طبقات معينة. وحديثاً، فان الرقيقة العالية الاداء تحتاج من 25 الى 30 طبقة، لكي تحقق متطلباتها لقالب الطباعة (Lithographic mask). ان بنى القالب هذه تتكون في الرقيقة

(Wafer) بواسطة نظام الضوء والعدسة ( Light and lens system) لمدرِج الرقيقة (Wafer – stepper).

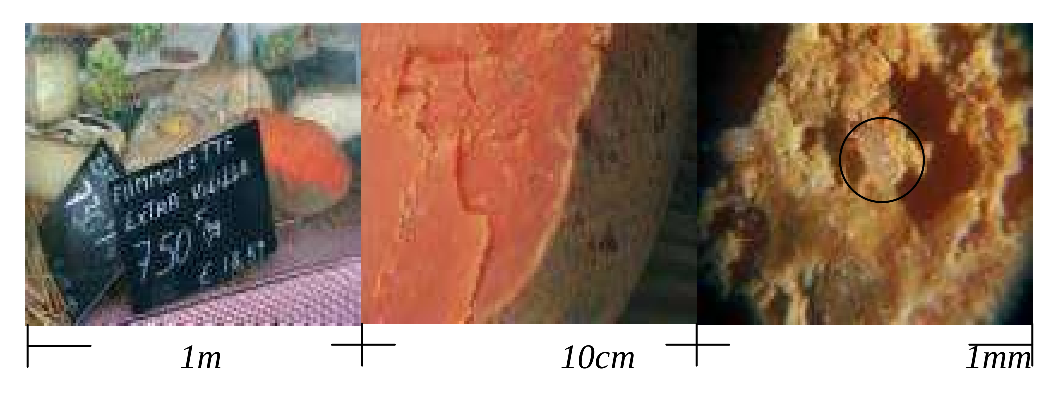


## 1-4-2 الجبن Cheese

عندما نسمعْ عن الذرات نميل لل تَفكيربالإنفجارات الفظيعة أَو الاشعاعات الخطيرة، لكن هذا يشير فقط إلى التقنيات التي تتضمن النواةِ الذرّيةِ ، اما التقنية النانوية فانها تتعلق بغلاف الذرّةِ، وهنا يلعب الِ قياس الدورالاساسي في التقنية النانوية.

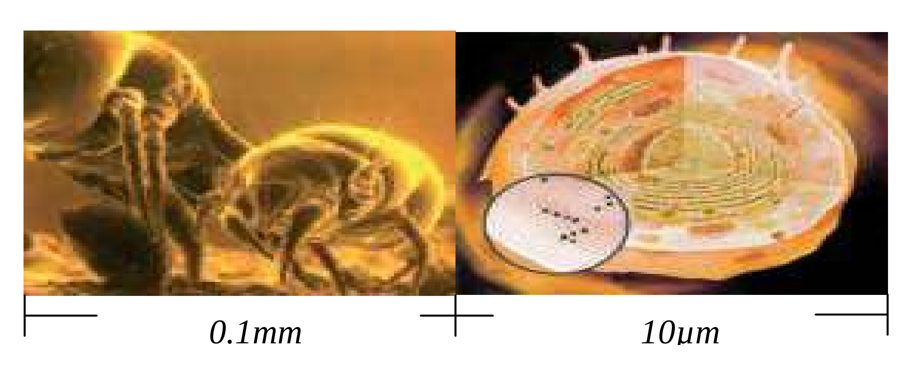
ولازالة أي شك يجب ان نتصور الذرّات الموجودة في حياتنا اليومية، والتي تتجمع بشكل صحيح لتعطي الطعم الجيد، لنأخذ لنا مثلاً نقطة ل لمغادرةِ إلى الكون النانوي (**Nano - cosmos**) وليكن الجبن (**Cheese**) كمادة ارضية (**Mundane item**).

ان مادة الميموليت (**Mimolette**) هي ناتج للفلاندير (**Flanders**) وتعطي الفتحات الصغيرة جداً في السطحِ والتي تعد سر الجبن وتعرف المنتجون على فعالية السوس (**Mites**) التي تعطي رائحة الجبن. إنّ هذا السوس يبلغ حجمه حوالي عشرات المليمترات، كما في الشكل (**2−11**).



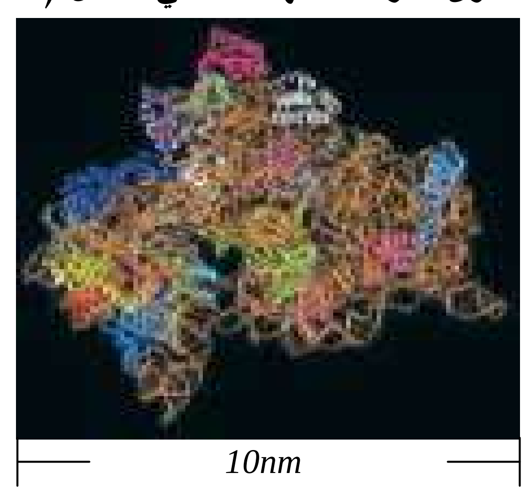

الشكل (**2−11**): حجم السوس الموجود في الجبن الناتج عن مادة الميموليت

يعد المجهر الالكتروني الماسح البيئي (**Environmental Scanning Electron Microscope ESEM**) مجهراً الكترونياً ماسحاً خاصاً يستطيع عرض حتى حياة السوس نفسه، كما في الشكل (**2−12**). ان هذا السوس يكون كذلك مكوناً من خلايا بقياس المايكرومتر (شكل **2−12**).




الشكل (2−12): القياس المايكرومتري لسوس الجبن

تكون الخلية مجهزة بآلية (Machinery) عالية التعقيد، وان المكون المهم لهذه الآلية يكون ممثلاً بالرايبوسومات ( Ribosomes) التي تنتج جميع جزيئات البروتين الممكنة وفقاً لنوعية مادة الجينات ( Genetic material) أي الحامض النووي الريبوسومي ( DNA). ان حجم الريبوسومات هو حوالي 20 نانومتراً. ان اجزاء من بنية الريبوسومات الان تميز تحت مستوى الذرات نفسها، كما في الشكل (2−13).




الشكل (2−13): الحجم النانومتري للرايبوسومات

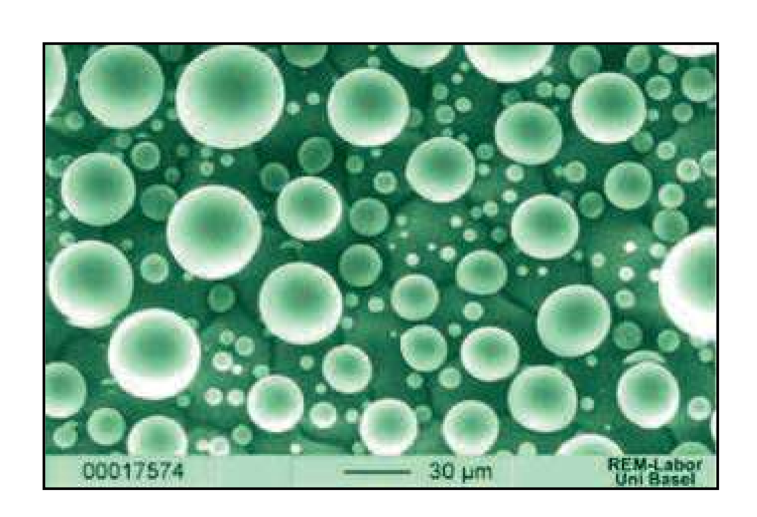
ان الثمار الاولى للبحث في التقنية الحيوية النانوية (Nanobiotechnology) قد جنيناها ( Harvested) على شكل ادوية جديدة قادرة على منع الريبوسومات البكتيرية ( Bacterial ribosomes).

## 2-4-2 تأثير اللوتس Lotus Effect

ان زهرة السلبوت ( Nasturium) تحافظ على نظافة اوراقها بمساعدة تأثير اللوتس ( Lotus)، شكل (2−14). المجهر الالكتروني الماسح البيئي يوضح كيف ان قطرات الماء تبتعد عن سطح الورقة كما في الشكل (2−15)، وهذا يعزى الى السطح الريشي ( Downy surface) (شكل 2−16 d) للاوراق الذي يسبب هروب قطرات الماء بسرعة عالية اخذة معها أي اوساخ على سطح الورقة.



الشكل (2−14): زهرة (Lotus blossom) تنظف اوراقها بمساعدة تأثير اللوتس الرمزي ( Eponymous lotus effect)



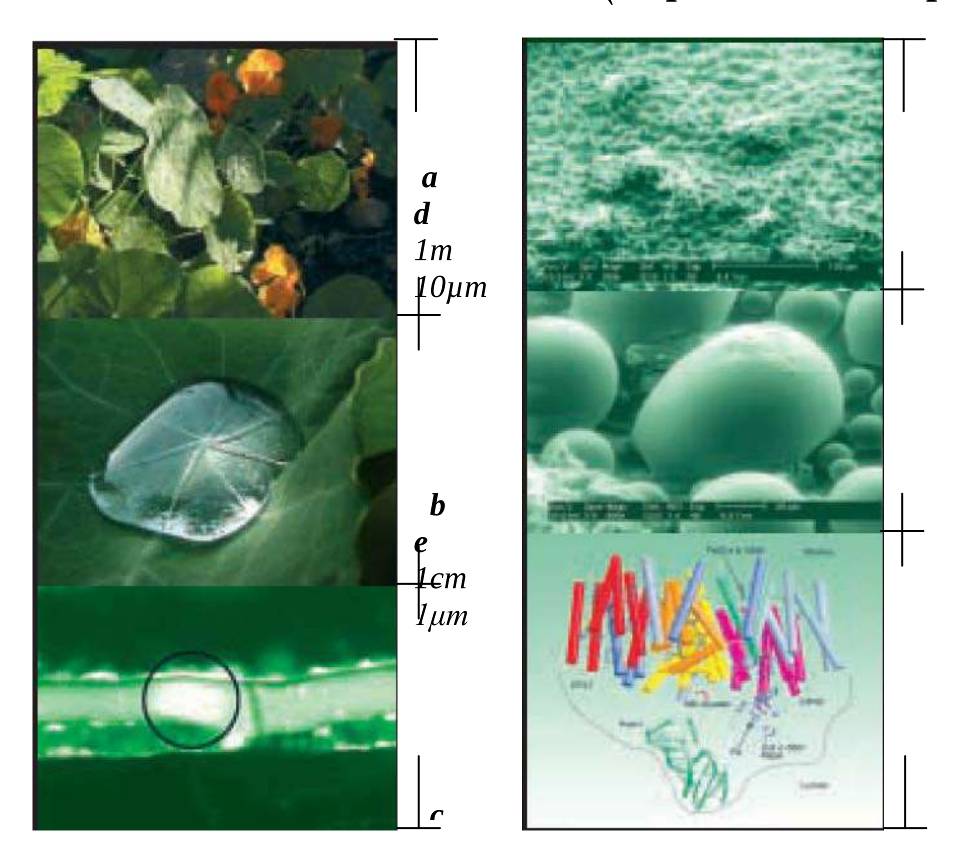

**الشكل (2−15): قطرات الماء على ورقة زهرة السلبوت، صورت بواسطة المجهر الالكتروني الماسح البيئي (ESEM).**

**ان تأثير اللوتس، الذي تم البحث فيه بنطاق واسع من قبل الباحث بارثلوت ( Barthlott) ومساعدوه في جامعة بون ( University of Bonn)، يستخدم عادة بمدى من النواتج ( Products) مثل طلاءات الواجهة حيث يهرب الماء حاملاً الاوساخ بعيداً. كما ان السيراميك الصحي (Sanitary ceramics) يستعمل تأثير اللوتس بسهولة جيدة للحفاظ على النظافة.**

**تستخدم اوراق النباتات كذلك انواعاً اخرى من التقنية النانوية (Nanotechnology)، حيث ان نظام ادراة ماء هذه النباتات يسيطر عليه على الاغلب بواسطة الـ ( Forisomes)، (شكل 2−16 c)، وهي عضلات**

صغيرة مجهرياً تفتح قنواتها في النظام الشعري ( Capillary system) للنباتات او تغلقها اذا كان النبات مصاباً بمرض (Injured). اما عمليات التركيب الضوئي ( Photosynthesis process) (شكل 2−16 f)، فهي تجميع الطاقة للحياة على الارض.

ثلاثة من معاهد فراونهوفر ( Fraunhofer) وجامعة جيسين (Giessen) يحاولون حالياً تطوير التطبيقات التقنية لعضلات النباتات (Plant muscles) او ربما اكمال مختبرات الرقائق (Laboratory-on-a-chip lab-on-a-chip).




الشكل (2−16): تأثير اللوتس (Lotus) في النباتات

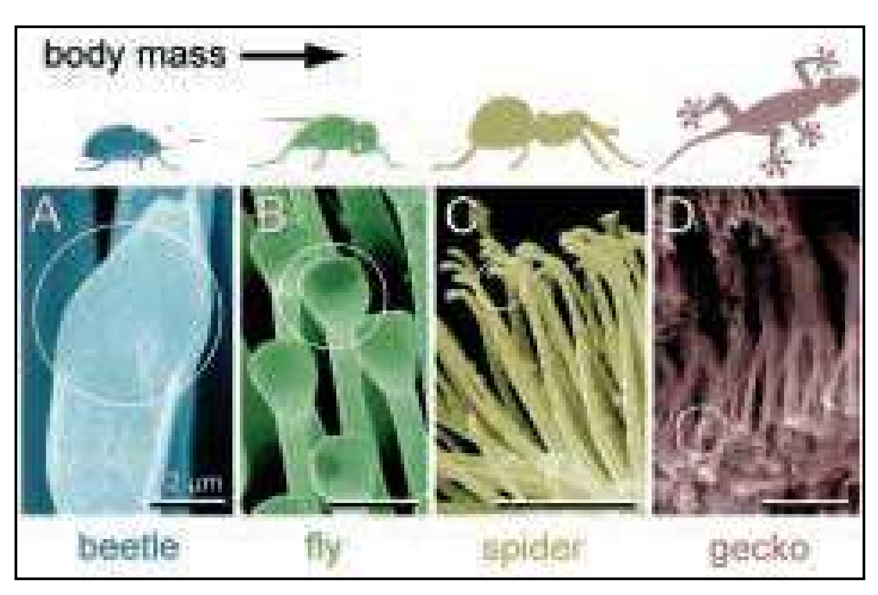
## 3-4-2 التقنية النانوية على السقف

**Nanotechnology on the Ceiling**

**The Gacko الوزغ**

**يستطيع الوزغ الركض على أي حائط واعلى واسفل عبر السقف وحتى يتعلق به بواسطة قدم واحد. يتم هذا بمساعدة التقنية النانوية. ان اقدام الوزغ مغطاة بشعر ناعم جداً تقترب من السطح الى حوالي نانومترات قليلة لمساحات كبيرة، وهذا ما يسمح لما يدعى باصرة فاندرفال ( Vander-Waals bond) لتلبي الغرض بالرغم من كونها قوى ضعيفة جداً، انها تسند وزن الوزغ بسبب الملايين من نقاط الالتصاق (Adhesion points).**

**هذه الاواصر تتكسر بسهولة بسبب التقشر ( Peeling) وبنفس الطريقة التي يزال بها شريط الخط الالتصاقي ( Strip of adhesive tape)، بحيث يسمح للوزغ بالركض على طول السقف.ولا ننسى وزن الجسم المؤثر والمبين في الشكل(2−17).**




الشكل (2–17): تأثير وزن الجسم لبعض الحيوانات.

## 4-4-2 الالتصاق بالحياة Sticking of Life

ان استمرار الحياة يتلازم مع تطور طرق الالتصاق ذات التقنية النانوية ( Nanotechnological adhesion methods). ففي حالة الاصابات، مثل لدغة حشرة ( Insect sting)، فان منطقة اللدغة تتلون باللون الاحمر، بسبب توسع اوعية الدم ( Blood vessels) الصغيرة جداً خلال حشود كريات الدم البيضاء (Swarms of leukocytes)، والتي تؤدي الى جريان كريات الدم البيضاء (White blood corpuscles).

ان الخلايا عند نقطة اللدغة تكون اقل افرازاً للمادة الكيمياوية (Pheromone)، وهي مادة تفرز من قبل الحيوان للتأثير في سلوك حيوانات اخرى من النوع نفسه، واعتماداً على تركيزها فان خلية بطانة اوعية الدم و

**كريات الدم البيضاء تنقل جزيئات الالتصاق، التي تؤخر مرور كريات الدم البيضاء على طول جدار الوعاء بواسطة تأثير التصاقها. عند اعلى مستوى للفيرومون ( Maximum pheromone level) تلتصق كريات الدم البيضاء بقوة ( Stick firmly)، هنالك جزيئات التصاقية اخرى تسحب كريات الدم خلال جدار الوعاء ( Vessel wall) الى نقطة اللدغة، حيث تهاجم أي اجسام غريبة منتجة التصاقاً مثالياً.**

## 5-4-2 بلح البحر – سيد طريقة التآصر

## Mussels – masters of The Art of Bonding

**ان بلح البحر الشائع، الذي يُطبخ مع الخضراوات ويؤكل كل يوم في المطاعم، يعد افضل مثال للتأصر وفق التقنية النانوية (Nanotechnological bonding). عندما يذهب ليربط نفسه بالصخرة، فانه يفتح غلافه ويدفع اقدامه الى داخل الصخرة، يقوس اقدامه ليكون كأس امتصاص (Suction cup) ويحقن (Inject) سيلاً او تياراً (Stream) من قطرات التلاصق والمصل (Micelles) تحت ضغط واطيء خلال قنوات صغيرة جداً (Tiny cannulae)، حيث تنفجر ( Burst) لتطلق التصاقاً قوياً تحت الماء (Powerful underwater adhesive).**

**وهذا مايؤدي حالاً الى خلق رغوة تعمل كوسادة صغيرة ( Small cushion). ان بلح البحر بعد ذلك يرسي ( Anchors) نفسه عند الماص الصدمي ( Shock absorber) مع خيوط الشريط المطاطي ( Elastic**

**(byssus threads) (شكل 2−18) وذلك ليستطيع ان يرتمي ( Toss) حوله بالمد وبدون ان يتأذى.**



**الشكل (2−18): بلح البحر مع خيوط بيسوس (Byssus) والاقدام.**

## 5-2 المعدنة الحيوية Biomineralisation

**تتكون ام اللؤلؤة ( Mother-of-pearl) من بلورات طباشير دقيق (Minute chalk) بشكل الاركونيت المعدني ( Mineral aragonite) والذي يكون بطبيعته هشاً جداً. وفي بلح البحر عموماً، هنالك بروتينات عالية المرونة (Highly elastic proteins) تكون على شكل لوالب ( Screw – shaped)، وهنالك ثلاث نسب وزنية من البروتين تكون اكثر من كافية لجعل غلاف اذن بلح البحر ثلاثة الف مرة امتن ( Tougher) من بلورة كاربونات الكالسيوم النقي (Pure calcite crystal).**

ان قنافذ البحر ( Urchins) ايضاً تستخدم هذه التقنية لتقوية 30 سنتمتراً من طول اعمدتها الفقرية ( Spines) لتستطيع ان تقاوم ضربات الامواج (Pummelling of the waves).

ان المعدنة الحيوية ( Biomineralisation) تستطيع كذلك خلق (Create) بنى دقيقة جداً ( Very delicate structures). في اجزاء قليلة من قاع المحيط ( Ocean floor) تقترب من الجزر الفلبينية (Philippine Islands)، حيث يعيش الاسفنج الذي يسمى سلة زهرة الزهرة (Venus flower basket). الشكل (2–19) يبين الاسفنج الذي يعيش في عمق البحر ويدرس حالياً كنموذج حيوي ( Biological model) للالياف الضوئية.

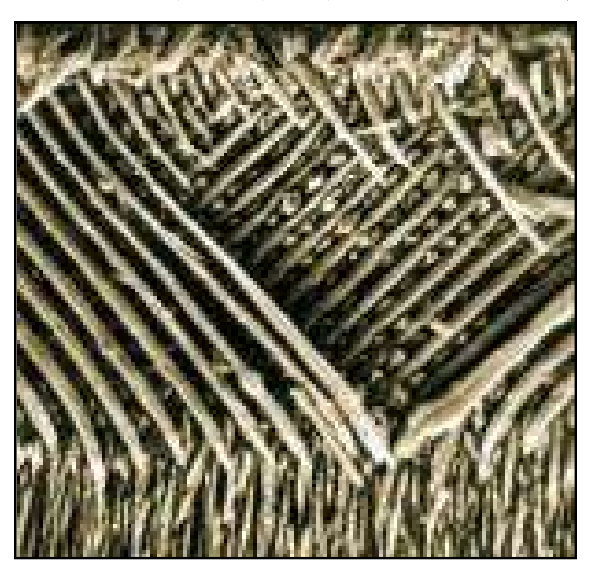
الشكل (2–19): الاسفنج المسمى سلة زهرة الزهرة (Venus flower basket)

ان هذا المخلوق ينحني مثل غمد الخنجر التركي ( Sheath of a Turkish dagger)، ولكنه يلتف حول محاوره الطويلة. ان الاسفنج اقتبس

اسمه من بنية الهيكل العظمي الداخلي ( **Inner skeleton**) لغطائه ( **Its mantle**)، والذي يتكون من نسيج ابر سليكية ناعمة ( **Fine silica needles**) مثقبة تشبه انسياب ظهر الكرسي الخشبي ( **Wooden chair back**). يكون هذا النسيج مشبكاً زاوياً وقطرياً.

يعد اسفنج سلة زهرة الزهرة ( **Venus flower basket**) مثال لتقنية المعدنة الحيوية التي تتم من خلال كتل البناء الاولية الصغيرة جداً ( **Tiny elementary building blocks**) للسليكا (**Silicon dioxide**) ذات قطرمقداره ثلاثة نانومترات. تتصل هذه الكتل بخلايا الاسفنج سوياً في الطبقات الفائقة النعومة (**Superfine layers**)، والتي تلتف (**Rolled**) لتكوين الابر السليكية.

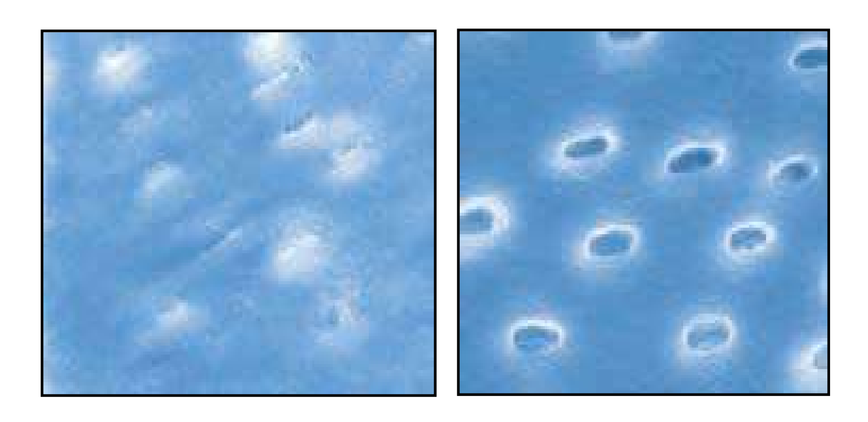
والشكل ( 2−20) يبين الابعاد الثلاثية للشبكة المعدنية الحيوية (**Biomineral network**) في مينا الاسنان (**Tooth enemal**) لاضراس فأر الحقل (**Vole`s molars**) التي تحمي عمل السطح ضد الخطر.



**الشكل (2–20): الابعاد الثلاثية للشبكة المعدنية الحيوية في مينا الاسنان لاضراس فأر الحقل (Vole`s molars)**

**اما الشكل ( 2–21) فهو مثال لتقنية المعدنة الحيوية، حيث تستخدم الجسيمات النانوية (Nanoparticles) لتصليح الاسنان، فاذا كانت الاسنان حساسة جداً للاطعمة المرة (Bitter) او الاطعمة الباردة ستتألم وهذا مايعزى الى القنوات الصغيرة جداً في مينا الاسنان. بواسطة الجسيمات النانوية لفوسفات الكالسيوم ( Apatite) والبروتين الناتج بواسطة الـ ( SusTech) القوي، فان هذه القنوات تغلق عشرة مرات اسرع من مركبات الاباتيت التقليدية.**

**ان طبقة المادة المعاد معدنتها (Remineralised) تسلك بما يشبه امتلاك اجسام لمينا الاسنان في الفم.**



**الشكل (2–21): مثال لتقنية المعدنة الحيوية: جسيمات**

نانوية لتصليح الاسنان

**تحمي هذه المخلوقات الصغيرة مجهرياً نفسها بواسطة غلاف حامض السيليسيك ( Silicic acid shell) وهو المكون الرئيسي لثاني اوكسيد السليكون ($SiO_2$) ويشبه زجاج الكوارتز (Quartz glass) الذي يتكون من ثاني اوكسيد السليكون، فان اغلفة حامض السيليسيك كذلك مقاومة نسبياً للعديد من المحاليل الحامضية والقاعدية الاكالة ( Corrosive acid and alkaline solutions)، التي هي امل التقنية النانوية لتستعملها كوعاء تفاعل ( Reaction vessels) للبلورات ذات الحجم النانومتري (Nanometre – size crystals).**

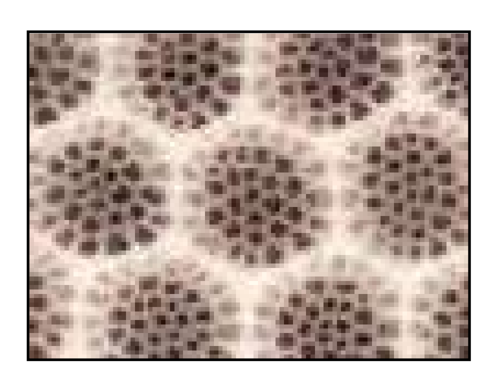
**احدى الخدع لتخليق الدقائق النانوية هي التفاعلات الكيميائية من خلال تحديد حجم التفاعل (Limit the reaction volume). عندما تكون مواد التفاعل ضمن المسلك فان البلورات المتخلقة بالتفاعل تبقى صغيرة.**

**ان الاهمية الاستراتيجية كانت سابقاً هي المعدنة الحيوية للذرات الثنائية ( Biatoms) مثل المسامات ذات القياس النانوي ( Nanoscale pores) او المفاعلات النانوية (Nano – reactors).**

**اكتشف الباحثون في جامعة ريكنسبرج (Regensburg) بان اعضاء مجموعة البروتين المعروفة جيداً، وهي متعدد الامينات ( Polyamines)، تستطيع انتاج جسيمات نانوية ( Nanoparticles)، بتركيز حامض السيليسيك ( Silicic) الصحيح، مع السيطرة على القطر بين 50 و900 نانومتر، ضمن قوى الترتيب الذاتي ( Self - arrangement). ووفقاً**

**لنماذج النمو البسيط ( Simple growth models) تحدث الذرات الثنائية فقط تلقائياً.**

**الشكل (2−22) يبين ذرات ثنائية مشابهة لاسفنج المنجر (Menger sponge) الذي يمتلك استقراراً عالياً مع وزن قليل معزى الى الاشكال المثالية (Optimum shapes) وانظمة تجميع الضوء ( Light – collecting systems) لاجهزة التركيب الضوئي ( Photosynthesis apparatus) فيها والصفائح الكلوروفيلية (Chloroplasts).**



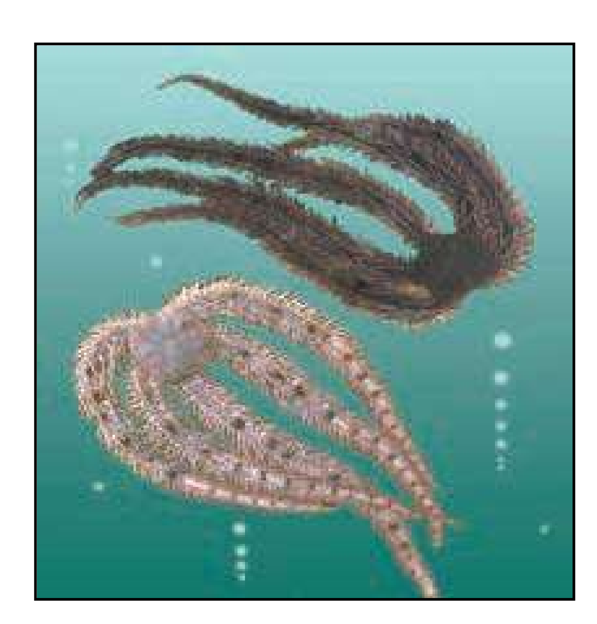
**الشكل (2−22): ذرات ثنائية مشابهة لاسفنج المنجر (Menger sponge)**

## 6-2 نجم البحر Starfish "Ophiocoma wendtii"

**هو نجم مشعر بحجم صحن ( Plate-sized hairy star) وجوده كان لغزاً لوقت طويل. هذا المخلوق هو جسم مدرع على هيئة قرص ( Disc-shaped armoured body) يمد اذرعه الخمسة ويسرع الى غطائه عندما يرى نظرة الاعداء المحتملة على الرغم من انه ظاهرياً لايمتلك عيوناً، وهي**

**موجودة في غلاف دعامة المخلوقات ( Creature`s armoured) وهي مرصعة ( Studded) من الاعلى بمجالات العدسة المجهرية المثالية (Perfect micro-lens) (شكل 2−23 و 2−24)، وتلتف حول جسم ذلك النجم المشعر في عين واحدة معقدة (One complex eye).**

**التقنية النانوية ( Nanotechnology): ان العدسات المعينة هذه تكون متبلورة بنفس الطريقة التي يتميز بها كاربونات الكالسيوم المتبلورة (Calcite) ليخلق صورة مزدوجة ( Double image) ولا تلعب دوراً في السيطرة على التبلور عند مستوى القياس النانوي ( Nanometre level). تقوم العدسات ايضاً بتصحيح الانحراف الكروي (Spherical aberration) بواسطة اضافة غير ملحوظة ( Subtle) من المغنيسيوم لمنع حافات اللون غير المرغوبة.**



**الشكل (2−23): نجم البحر (Ophiocoma wendtii) المجهز بنظام العدسة المجهرية المثالية للرؤية البصرية.**

**الى الاعلى: مظهره في النهار، الى الاسفل: في الليل.**



الشكل (2−24): قياسات الدعامة (Armoured scales)

والعدسات المجهرية (Micro – lenses) سوياً.

## 7-2 استكشاف حدود الطبيعة Exploring the Limits of Nature

هنالك مدى واسعاً من الظروف الاصطناعية ( Artificial conditions) المتوفرة والنقاوة القصوى ( Extreme purity) والبرودة (Cold) وظروف التفريغ من الهواء ( Vacuum – under) ممكن ان تتحقق من خلال التقنيات الحديثة، وهذه الظروف ستكشف عن بعض الخواص المدهشة (Surprising properties) للمادة.

وهذه الخواص تتضمن، جزئياً، تأثيرات الكم ( Quantum effects) والتي تظهر احياناً تناقضاً شديداً لقوانين حياتنا اليومية في هذا العالم. وبهذه الطريقة فان جسيمات الكون النانوي ( Particles of the nano -

**cosmos) تستطيع احياناً ان توجه خواصاً شبه موجية: مثل الذرة التي تكون ظاهرياً الكيان الصلب (Solid) الذي يمر خلال فجوتين صغيرتين ( Small gaps) في نفس الوقت (مثل الموجة) وبعد ذلك تظهر مرة اخرة من الجانب الاخر.**

**تكتسب الدقائق خواصاً جديدة كلياً عندما يقترب حجمها من النانومتر، وتصبح المعادن شبه موصلة ( Semiconductors) او عازلة (Insulators). بعض المواد مثل تيلوريدات الكادميوم CdTe (Cadmium telluride) مشعة ( Fluoresce) في الكون النانوي (Nano – cosmos) بكل الوان القوس قزح (Rainbow)، شكل (2−25)، بينما هنالك مواد اخرى تحول الضوء ( Convert light) الى كهرباء (Electricity).**



**الشكل (2−25): جسيمات الـ CdTe المشعة حيث ان اللون معتمد على حجم الجسيمة (Particle size).**

**عندما تصبح الجزيئات ضغيرة في مداها ( Scopically small) فان نسبة الذرات على السطح تزداد بشكل كبير في نسبتها مقارنة بتلك التي في الداخل. ان ذرات السطح تمتلك خواص مختلفة كثيراً عن تلك التي في مركز الجسيمة (Center of the particle) وعادةً تصبح اكثر عرضة للتفاعل. الذهب (Gold) على سبيل المثال يصبح عاملاً مساعداً جيداً ( Good catalyst) لخلايا الوقود ( Fuel cells) عندما يكون حجمه بمدى نانوي (Nanoscopic).**

**تستطيع الجسيمات النانوية ايضاً ان تكون طلاءات مع مواد اخرى بحيث تسمح هذه المواد باعطاء بعض الخواص.**

**لنأخذ مثالاً للجسيمات النانوية السيراميكية ( Ceramic nanoparticles) مع اغلفة عضوية (Organic shells) والتي تقلل الشد السطحي (Surface tension) للماء، وذلك عند طلاء مرايا ( Mirror) الحمامات غير المعتمة (Non – misting).**

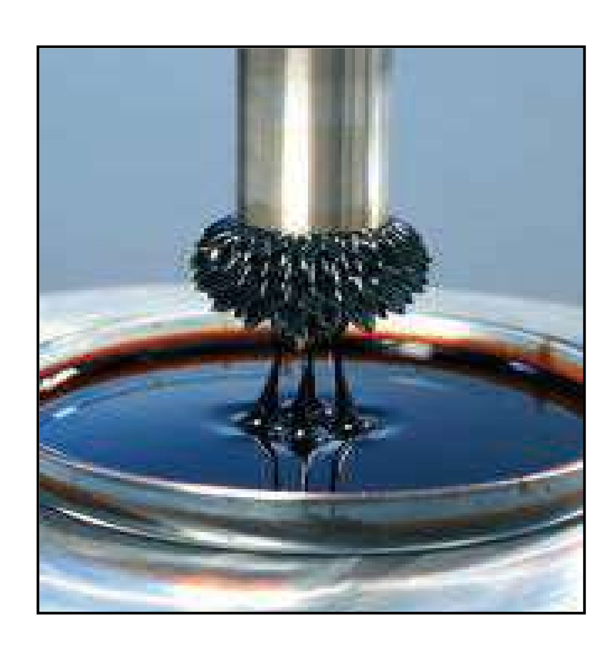
**تستخدم الجسيمات النانوية المغطاة ( Coated nanoparticles) باوكسيد الحديد (Magnetite) لتغطية الزيوت المصنعة من الموائع الحديدية (Oil create a ferro-fluid) وهي سوائل تتشكل مغناطيسياً ( Shaped magnetically)، والشكل (2−26) يبين الجسيمات النانوية لاوكسيد الحديد (Magnetite nanoparticles) في الزيت.**

**تستخدم الموائع الحديدية ( Ferro – fluids) في زيادة اعداد التطبيقات المحتملة مثل كواشف الختم ( Sealing agents) في الاختام**

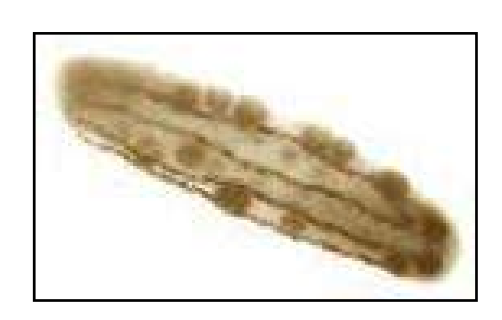
**الدائرية (Rotary seals) للاوعية المفرغة (Vacuum containers) وحاويات القرص الصلب (Hard disk housing) او في ضبط مخمدات اهتزاز (Vibration dampers) للمكائن والسيارات.**

**لايجب ان نخاف من تعقيد التقنية النانوية، حتى عندما تطبق على الخلايا المعقدة (Complicated-cells) والحامض النووي منقوص الاوكسجين (DNA).**

**الشكل (2–27) يبين بكتريا مغناطيسية اسمها (Magnetotacticum bavaricum) تستطيع تخليق سلاسل من اكاسيد الحديد النانوية (Nano - magnetites) وتستخدم كأبر للبوصلة (Compass needle).**



**الشكل (2–26): جسيمات نانوية لاوكسيد الحديد في الزيت.**



**الشكل (2−27): بكتريا الـ Magnetotacticum bavaricum**

**التي تستطيع تخليق سلاسل من اكاسيد الحديد النانوية (Nano - magnetites) وتستخدم كأبر للبوصلة (Compass needle).**

# الفصل الثالث

# التقنية النانوية في المجتمع

# التقنية النانوية في المجتمع

# Nanotechnology in Society

## 1-3 العالم الشبكي: الالكترونيات النانوية

## The Networked World: Nanoelectronics

ان تقنية الترانسستر التي تستخدم اليوم في عمليات الحاسوب تدعى اوكسيد المعدن شبه الموصل المكملة ( Complementary Metal Oxide Semiconductor CMOS) وقد تطورت من بين اشياء اخرى قد تكون اولها ساعات اليد الالكترونية ( Electronic wristwatches)، حيث تستخدم طاقة اقل من تلك الاقدم.

منذ عام 1970، توقع الخبراء مرات ومرات بان التقنية ستصل حدود تطورها بحوالي 10 الى 15 سنة، وستبقى تعمل الى ذلك اليوم. تمتلك الصناعة الالكترونية سبباً مُلِحاً لتوقع حدوث توقف او انقطاع عن التصغير المستمر لمكوناتها، أي في طريقها الى الكون المجهري (Microcosm)، ان كتل البناء الفعلية للمادة هي بنية ذراتها والتي تصبح مرئية تدريجياً. الاغلفة الالكترونية (Electronic shells) للذرات تكون المكونات الاصغر والتي ترتبط معاً تحت ظروف اعتيادية لتكون البنى التقنية ( Technical structures)، فتكون الحدود الاساسية بعد ذلك ضمن حدود البصر.

تربط الدوائر ترانسسترات الرقيقة (Transistors of a chip) وتكون عادةً ذرات الالمنيوم رفيعة جداً وغير مستقرة في مثل هذه التطبيقات، حيث

**يجب ان تكون منجرفة ( Washed away) بواسطة سيل الالكترونات بما يشبه الحجارة في جدول المياه ( Gravel in a stream)، ان المعنى او الدلالة الخاصة لهذه الظاهرة هو الهجرة الالكترونية ( Electro – migration).**

**ان دوائر النحاس ( Copper circuits) وهي اكثر توصيلاً، تسرع او تعجل من جريان الاشارة في الرقيقة. تتدافع الدوائر بشكل قريب جداً وهذا ما يخلق سعة ممكن كشفها، كما في المتسعة. ان هذا التأثير ان لم يؤخذ في حسابات تصميم الرقيقة فان الرقيقة لا تنفع.**

**ان مكونات معينة من ترانسسترات الرقيقة يتقلص حجمها تدريجياً الى اقل من 20 نانومتر، ويأتي هذا في عالم ( Realm) نظرية الكم (Quantum theory)، لان تأثير النفق ( Tunnel effect) سيلعب دوراً، عندما تبدأ التيارات بالجريان في الترانسستر الاكبر سيحصل تسرب ضمن نظام البوابة الالكترونية ( Electronic gateway system)، وعلى الرغم من ان التيارات صغيرة جداً الا انها قادرة على جعل المشغل ( Processor) ساخناً. هذه الشحنات غير المسيطر عليها تسبب ايضاً اخطاء منطقية (Logic errors) قد تكون كارثية (Fatal).**

**في حالة البنى الرقيقة جداً، فان الموجة التي تميز الالكترون تكون مرئية كما توصفها نظرية الكم. وبعض العلماء يرون هذه المحطة هي فرصة لتطوير نوع جديد من الالكترونيات التي تنتج حاسوب الكم الذي يفتح كوناً رياضياً جديداً (New mathematical universe).**

## 2-3 قانون مور يصل حده

## Moore's law Reaches its Limit

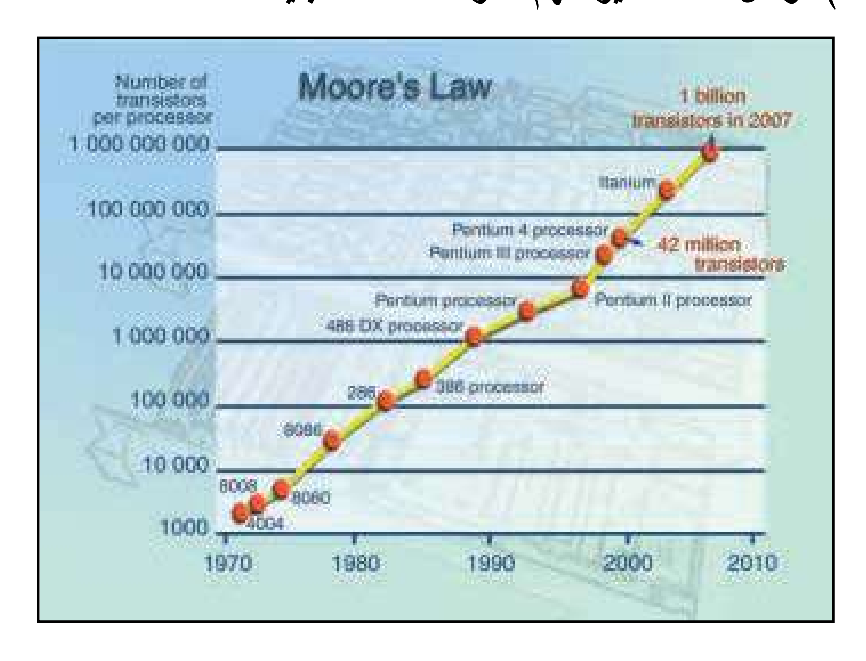
ادرك العالم جوردن مور ( Gordon Moore) ومشاركوه من شركة انتيل (Intel) بان سعة الرقائق المجهرية ( Microchips) تتضاعف كل 18 شهر تقريباً، شكل (3−1). هذا القانون وضع موضع شك ( Brought into question) من البشر، بينما بدأ نمو الزيادة في عدد الترانسسترات بنسبة 50 % سنوياً واشتكى المحللون بان انتاجية تصميم الرقيقة كان يزداد بنسبة 20% بالسنة.

حاولت الصناعة صد هذا الاتجاه بالزيادة المستمرة لحجم فرق التصميم (Design teams)، حيث انهم الان يتكونون من 250 الى 300 شخص ينجزون رأس الحساب (Head – count).

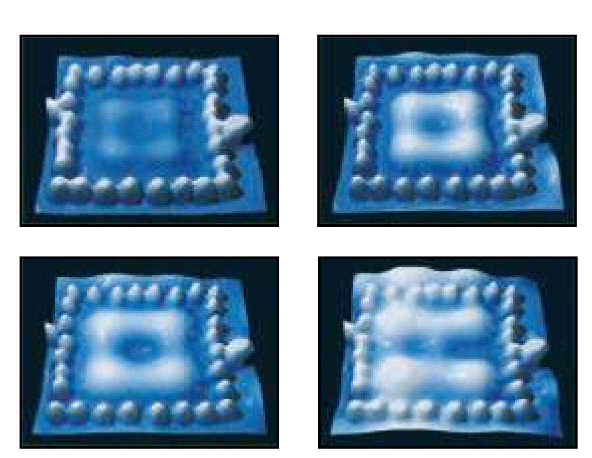
النمو غير المحدود كان مناقضاً لقانون مور الثاني ( Moore`s second law) الذي تولى التقليل من حجم البنى وزيادة سعر معمل الانتاج. تطورت بعد ذلك تلك المحددات وجاءت التقنية النانوية لتلعب دوراً مهماً في مساحة الالكترونيات النانوية، وفي الحقيقة تم تصنيع تيار وحدة المعالجة المركزية (CPUs) ببنى تحت 100 نانومتر وتتضمن اكثر من مئة مليون ترانسستر.

ويعتقد بانها الخارطة لمصانع اشباه الموصلات ( Semiconductor industry)، وتعتمد التوقعات على واقع التطورات التقنية ( Technical

**developments) ويتوقع انطلاق بنى بـ 45 نانومتر خلال سنة 2010 ودلالة على اكثر من بليون ترانسستر بكل رقيقة. ومن ضمن الدراسات الحديثة هي ذرات المغنيز على الفضة المنجزة في جامعة كرستيان البريجت (Christian – Albrechts University) في كيل ( Kiel)، حيث ان الالكترونات مقيدة بقفص ذرات المنغنيز ( Mn) بشكل نماذج موزعة معتمدة على الفولطية الكهربائية المسلطة (Electrical voltage applied)، شكل (3−2)، ومثل هذا التأثير مهم للدراسات المستقبلية.**




**الشكل (3−1): قانون مور.**



الشكل (3−2): ذرات المنغنيز على الفضة، حيث ان الالكترونات مقيدة بقفص ذرات المنغنيز.

## 3-3 تحول الطور Phase Change RAM

تعتمد وسائل خزن البيانات حالياً على تقنيات مختلفة وتمتلك فوائد واضرار خاصة، حيث يمتلك مشغل القرص الصلب المغناطيسي الميكانيكي (Magneto – mechanical hard disk)، الذي يُستخدم في الحواسيب المنضدية (Desktop computers)، كثافة ذاكرة عالية جداً (Very high memory density) وبيانات مخزونة بدون الحاجة الى مصدر ثابت للتيار الكهربائي وانها بطيئة جداً في شروط وصول البيانات. وبالمقارنة، فان ذاكرة الوصول العشوائي الحركي ( Daynamic Random Access Memory DRAM)  تكون سريعة ولكن تحتاج البيانات ان تكون حديثة (Refreshed) باستخدام نبضة تيار كهربائي.

ان ذاكرة الوميض ( Flash memory) الموجودة في العاب الام بي ثري ( MP3) والهواتف النقالة ( Mobile) والكاميرات الرقمية ( Digital cameras) تحتفظ بالبيانات بدون مجهز ثابت للتيار ولكن ليست اسرع من (DRAMs) وتستعمل فقط مليون مرة.

مفاهيم الخزن الحديثة ذات التقنية النانوية يجب ان تتوفر فيها الفوائد المذكورة اعلاه: أي كثافة ذاكرة عالية (High memory density) وسرعة (Speed) وحفظ البيانات ( Data retention) بدون مجهز تيار (Without current supply) وعمر طويل (long life – span).

توجد المواد الصلبة في حالتين محددتين: الحالة المتبلورة (Crystalline state)، حيث ان الذرات تترتب في بنية منتظمة، او الحالة غير المتبلورة ( Amorphous state)، حيث ان الذرات تترتب بطريقة عشوائية.

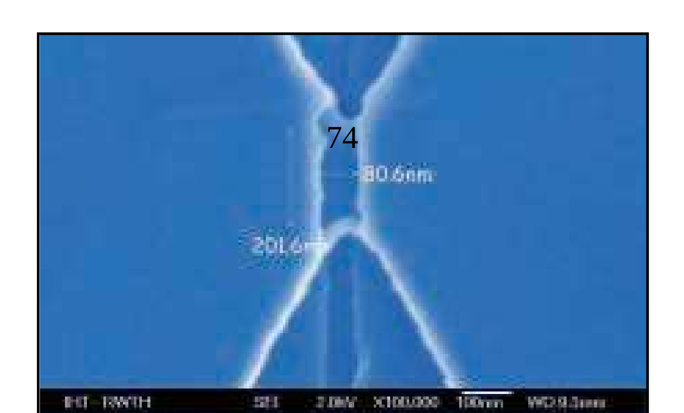
وتشمل المواد الصلبة غير المتبلورة انواعاً من الزجاج، مثل زجاج الكوارتز (Quartz glass)، وكذلك مادة ثاني اوكسيد السيليكون ( Silicon dioxide) والتي توجد بشكلها المتبلور والمعادن التجارية، حيث تعرف ببلورة الصخرة (Rock crystal). وسنسمع عن مواد تتضمن الحالتين المتبلورة – غير المتبلورة ( Crystalline – amorphous) مستقبلاً، بسبب احتمالية تقدير ذاكرة الكتلة ( Mass memory) للمستقبل. ان بعض المواد الصلبة تسمح لنفسها ان تتحول اكثر او اقل، من الحالة غير المتبلورة الى الحالة المتبلورة والعكس بالعكس، وهذه هو تحول الطور ( Phase change) الذي

يتم بواسطة تأثير الحرارة وتمتلك تطبيقات واسعة في مجال الخزن البصري (**Optical storage media**).

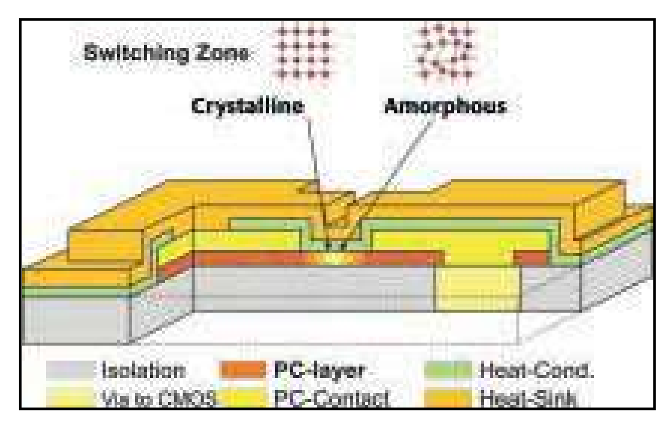
على سبيل المثال: عندما يتم تسجيل اقراص الفيديو الرقمية (**Digital Video Disk DVD**) المعاد استخدامه (**Rewritable DVD**) ستغير اغطية معينة (**Special coating**) على الـ **DVD** طورها من الحالة المتبلورة الى الحالة غير المتبلورة بواسطة صدمة حرارية من الليزر النابض، وكذلك تتغير خواصها الانعكاسية (**Reflection properties**) وبذلك فان نموذج القطعة المقروءة (**Readable bit pattern**) ستكتب (**Written**).

ان التعرض الاطول والاقوى لليزر يجعل المساحات غير المتبلورة تتبلور مرة اخرى ولذلك يتم تسجيل او كتابة الـ **DVD**. ان مواد الطور المتغير في كل احتماليتها تمتلك انطلاقاً لتطوير انظمة الذاكرة الالكترونية او ذاكرة الوصول العشوائية المتغيرة الطور (**Phase – change RAM**)، شكل (3–3). في هذه الحالة فان تحول الطور لن يكون منفذ بصرياً، ولكن الكترونياً.

اندفاع التيار القصير يجعل المادة غير المتبلورة تمتلك مقاومة كهربائية عالية (**High electrical resistance**) ونبضات اطول (**Longer impulses**) تجعلها تتبلور مرة اخرى بمقاومة قليلة. ان مقاومة عناصر الذاكرة تكون مسؤولة عن قراءة المعلومات، شكل (3–4).



**الشكل (3−3): التصميم الفعلي لتغير طور مكونات ذاكرة الوصول العشوائي**



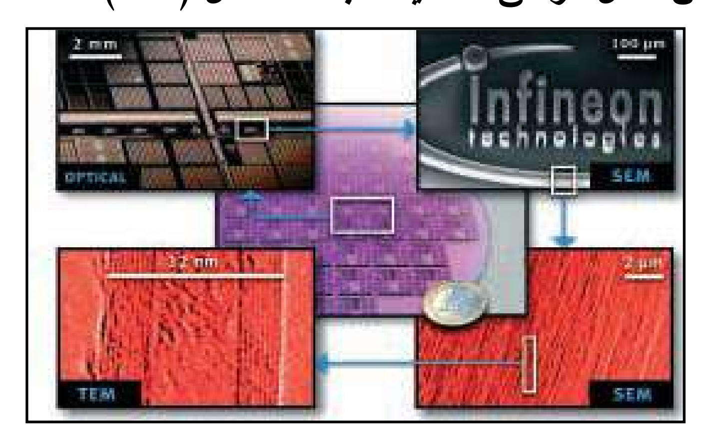

**الشكل (3−4): طبقات الـ PC لمنطقة الخزن (Bit storage) التي تشتغل ذهاباً واياباً بين الحالتين المتبلورة وغير المتبلورة مع اندفاع الحرارة والتيار لمختلف الاطوال.**

## 4-3 نمو الرقائق الثلاثية الابعاد في الارتفاع

## 3D – Chips are Growing in Height

**ان ناطحات السحاب ( Skyscrapers) هي حلول اقتصادية لاختيار السوق المميز النادر لمانهاتان ( Manhattan) عندما تكون هنالك حاجة لخلق مكتب جديد وفضاء سلكي ( Residential space). ان مصممي الرقيقة فكروا بالبعد الثالث (Third dimension) وبمراحله الاولى.**

تم ايجاد الطريق لهذا البعد الثالث من قبل ( Infineon AG) في ميونخ (Munich)، حيث تحقق النجاح في نمو انابيب الكاربون النانوية (CNTs) على طبقات صفائح السيليكون المصقولة ( Wafers – polished silicon plates) في رقائق الحاسوب المنصبة. ان انابيب الكاربون النانوية هي موصلات من الصنف الاول ولذلك تنتج بقايا حرارة قليلة جداً وتستعمل كتوصيلات ( Connections (VIAs)) بين مستويات توزيع الاسلاك المختلفة للرقيقة. باحثوا انفينون ( Infineon) يعتبرون ان من الممكن تطوير تقنية الابعاد الثلاثة للرقائق بمساعدة انابيب الكاربون النانوية، وخصوصاً ان الاخيرة موصلات جيدة جداً للحرارة وتستطيع كذلك تشتيت الحرارة من داخل الرقائق الثلاثية الابعاد، الشكل (3−5)




الشكل (3−5): النمو النوعي لانابيب الكاربون النانوية (Carbon nanotubes) عند نقاط طبقات السليكون (Silicon wafer) بعمليات توافق الالكترونيات المايكروية (Microelectronics compatible process).

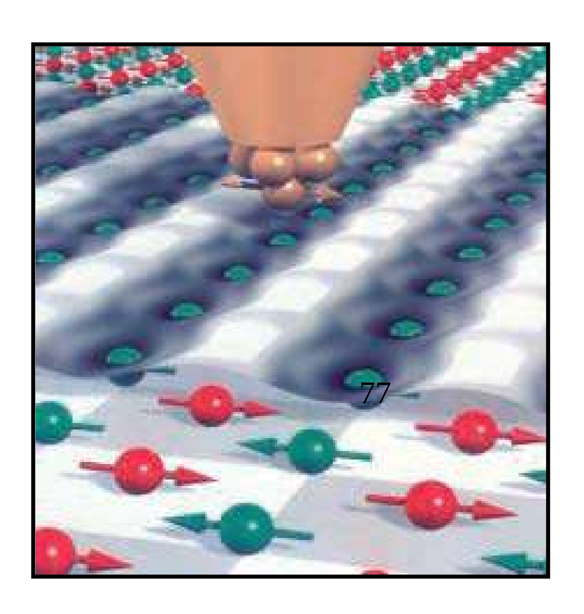
## 5-3 البرم الالكتروني – حسابات برم الالكترونات

## Spintronics – Computing with Spinning Electrons

ان الثورة الاصلية كانت في كيفية التطبيق الجيد لقانون مور في المستقبل وكيف يستطيع ان يبدأ بواسطة مكونات البرم الالكتروني (Spintronic components)، حيث ان بالاضافة الى خواص الالكترون الكهربائية من الممكن ان تستخدم مميزاتها المغناطيسية وبرمها (Spin).

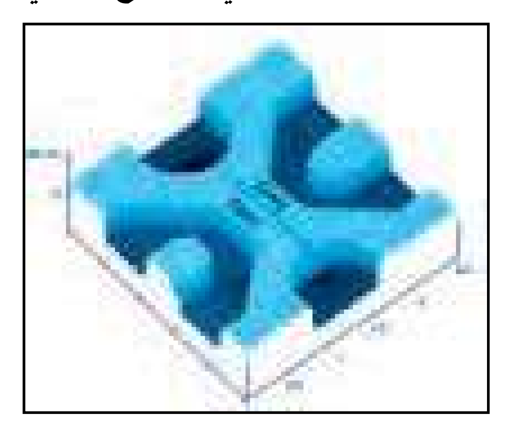
احدى تطبيقات البرم الالكتروني ( Spintronics) في طريقها الى ان تستخدم يومياً وهي عبارة عن اقراص صلبة جديدة ( New hard disks) تمتلك صمام برم (Spin valve) وهي رؤوس قارئة رقيقة الطبقة ( Thin - layer) بالاعتماد على مقاومة مغناطيسية ضخمة تكشف عن مجالات مغناطيسية صغيرة جداً، وبذلك يمكنها ان تجهز كثافات خزن عالية جداً.

يتم خزن المعلومات في رقائق الذاكرة المغناطيسية ( MRAMs) في برم الطبقات المغناطيسية. هذا التطور اهتم كثيراً بالذاكرة الرئيسية الثابتة (Non – volatile main memory) ويستطيع بتعبير اكبر ان يقود الى استبدال الاقراص الصلبة التي تعمل ميكانيكياً ( Mechanically - operated). والاشكال (3–6) و(3–7) و(3–8) توضح بعض الشيء عن هذه التقنية.

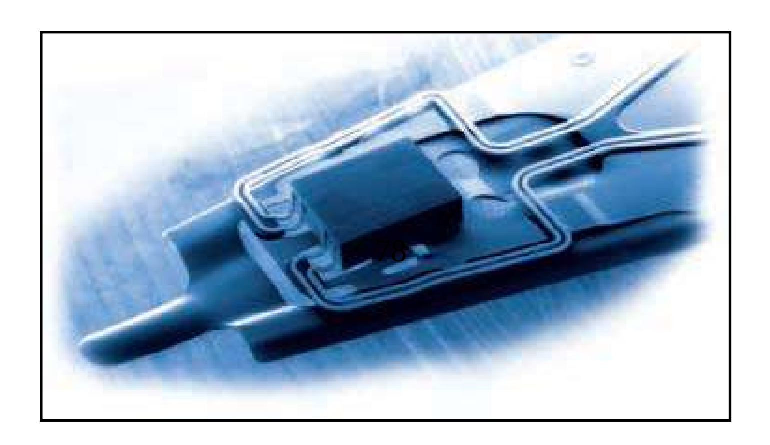


**الشكل (3−6): المتحسس المغناطيسي للبرم (Magnetic probe of a spin)،**

**مأخوذة بالمجهر الالكتروني الماسح النفقي المستقطب.**



**الشكل (3−7): الالكترونات النفقية المزدوجة مع اسلاك الكم ( Tunnel – coupled quantum wires – electrons) تنتقل خلال الممرات التي تكون مسدودة وفقاً للنظرية التقليدية**



الشكل (3–8): تأثيرات جديدة للاقراص الصلبة القوية: يستخدم رأس بمقاومة مغناطيسية هائلة مع عنصر شبه موصل لاكثر من 20 طبقة نانوية القياس (Nanoscale layers).

## 6-3 التقنية النانوية في الحياة اليومية المستقبلية
## Nanotechnology in Future Everyday Life

اذا اصبحت التقنية النانوية جزءً من الحياة اليومية لاشيء مثير سيغير طبيعة الحياة، فالناس سيبقون يجلسون في المقاهي وربما حتى اكثر من الوقت الحالي. سيستبدل ازيز ( Droning) محركات الاحتراق الداخلية بالرنين (Buzzing) والطنين (Swishing).

الخدمة ستكون سريعة جداً، حيث سيطبع الطلب على القائمة الالكترونية ( Electronic menu) وحتى سيتم اتمتة المطبخ (Automated the kitchen). والفاتورة (Bill) ستدفع ببساطة من خلال ضغط بطاقة النقد ( Cash card) على رمز اليورو المطبوع ( Euro symbol printed) على زاوية القائمة.

سيعطى البخشيش ( Tips) نقداً وسيكون محمياً صحياً بجسيمات نانوية ضد البكتريا ( Antibacterial nanoparticles). شبابيك المقهى ستصبح غالية جداً لانها مزودة بالعديد من الوظائف مثل المقاومة للوسخ

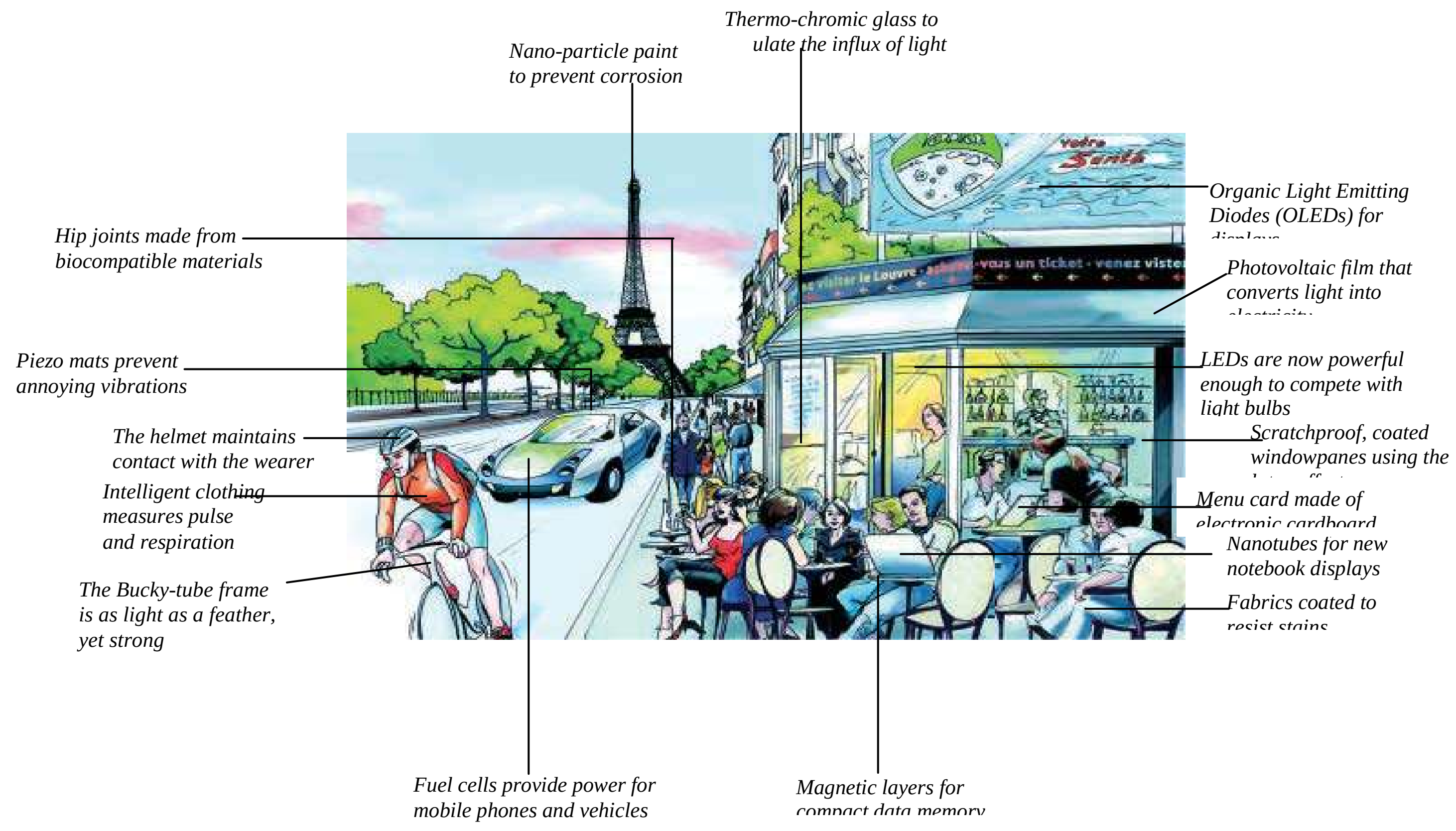
**(Resistant to dirt) والخدوش (Scratches) وتصبح معتمة آلياً عندما يزداد سطوع الشمس في النهار وتحول الضوء الى كهرباء وتضيء مثل العروض الضخمة ( Huge display) عندما يتطلب ذلك، وهذا ما يعطي المرح للجلوس في المقهى او امامه.**

**قدمت الالكترونيات النانوية الكاملة النمو ( Mature nanoelectronics) فرصة لاجهزة ( Devices) الرشاقة المثيرة للانتباه (Captivating elegance)، مثل اصالة المساعد الرقمي الشخصي (Personal Digital Assistant PDA) في صيغة بطاقة الائتمان (Creditcard).**

**موضوع العمود الاسود غير اللامع ( Matt black monolith) يسهل تمييزنا للبنى، حيث ان السطح الاسود يجمع ( Gathers) ضوء الشمس ويحوله الى كهرباء، حيث تكون مقاومة للخدش ( Scratchproof) ومغطاة بطبقة من الماس الرقيق ( Wafer – thin diamond layer) وبذلك فان طبقة سيراميك البيزو الرقيقة ( Thin piezo – ceramic layer) تحول الصوت الى كهرباء والعكس بالعكس، لكي يمكن سماع صوت الاتصالات (Voice communication)، ويجب كذلك ان تتوفر امكانية نقل البيانات عبر الضوء والراديو. ان جميع هذه الامكانيات ممكن رؤيتها في الشكل (3–9).**

**ويجب ان تتوفر قابلية التعرف على الصوت ( Voice) وطبعة الاصابع (Fingerprints) للذين يسمح لهم باستعماله وبذلك يحمون انفسهم من سوء الاستعمال (Misuse).**

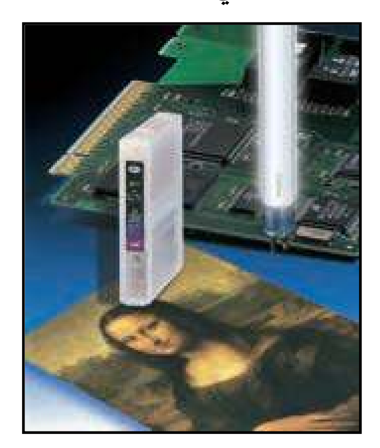
**يبين الشكل ( 3−10) كيف ان الصبغات النانوية ( Nanopigments) مثالية للاستخدام في الحماية من التزوير ( Forgery protection)، بينما يبين الشكل (3−11) زجاجاً ضوئياً كرومياً ( Photo – chromic glass)، حيث ان شفافية هذه الانواع من الزجاج مسيطر عليها الكترونياً ومهيئة لظروف المكتب المستقبلية. اما الشكل ( 3−12) فيبين لوحة مفاتيح افتراضية، حيث ان لمس المفتاح المتوقع يكون معرفاً من قبل النظام ومفسر كضغط للمفتاح.**



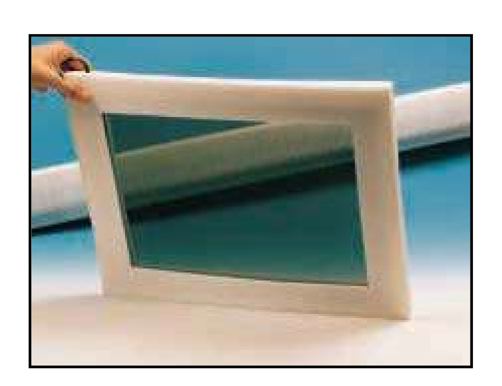
Thermo-chromic glass to
ulate the influx of light
Nano-particle paint
to prevent corrosion
Organic Light Emitting
Diodes (OLEDs) for
Hip joints made from
biocompatible materials
Photovoltaic film that
converts light into
Piezo mats prevent
annoying vibrations
LEDs are now powerful
enough to compete with
light bulbs
The helmet maintains
contact with the wearer
Scratchproof, coated
windowpanes using the
Intelligent clothing
measures pulse
and respiration
Menu card made of
Nanotubes for new
notebook displays
The Bucky-tube frame
is as light as a feather,
yet strong
Fabrics coated to
Fuel cells provide power for
mobile phones and vehicles
Magnetic layers for

الشكل (3–9): امكانيات التقنية النانوية في الحياة اليومية.

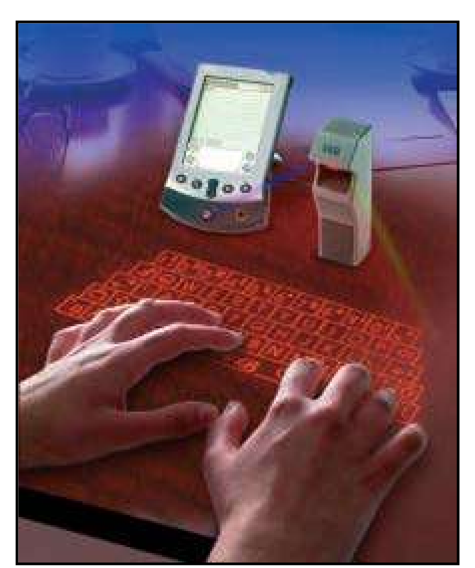




الشكل (3–10): جسيمات نانوية في محاليل نانوية (Nano–solutions) تشع فقط في الضوء فوق البنفسجي.



الشكل (3–11): زجاج ضوئي كرومي.



الشكل (3−12): لوحة مفاتيح افتراضية.

## 7-3 التنقل Mobility

كما في المكائن الاخرى، فان التقنية النانوية ستستبدل الكمية (Quantity) بالنوعية (Quality) في السيارة، وان المنفعة من التقنية هي تلك التي نحصل عليها باقل مواد لان التقنية تتصالح مع الطبيعة.

## 8-3 التقنية النانوية في السيارة Nanotechnology in the Car

ان الزجاجيات الامامية ممكن ان تتخدش بالطلاءات المنتجة بتقنيات السائل/هلام (Sol/gel) التي تتضمن دقائق بقياس نانوي (Nanoscale)

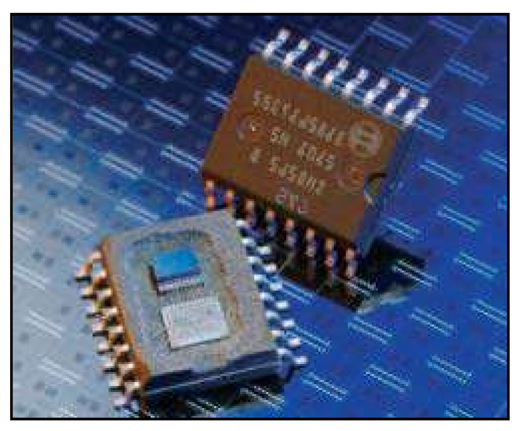
**وقوية وتبقى شفافة كلياً، لان الجسيمات النانوية تكون صغيرة جداً ولاتبعثر الضوء.**

**ان الشكل النهائي للسيارة سيكون مجهزاً ببنية اوراق اللوتس ( Lotus leaf structure) التي تزيل الوسخ بسرعة، وستطلى الزجاجيات الامامية بالجسيمات النانوية التي تساعد السيارات كذلك في الظروف المناخية بعكس الضوء واشعاع الحرارة، اما الى المدى الابعد او الاقرب، ضمن سيطرة الكترونية. عندما تطبق مثل هذه التقنية ستساعد في ترشيد استهلاك الطاقة.**

**ان احتياجات الاضاءة من قبل السيارة تكون متولدة بمساعدة التقنية النانوية، مثل دايودات انبعاث الضوء ( Light emission diodes LEDs). ان دايودات انبعاث الضوء لاضوية الكابح تكون ممتازة ومتطورة وانظمة الطلاء بالحجم النانومتري ( Nanometre – size) التي تحول الكهرباء الى ضوء بكفاءة عالية، انها تحول الكهرباء الى ضوء مرئي للبشر بينما ضوء الكابح التقليدي مجهز بالابصال التي تحتاج مدة اطول، هذا الاختلاف معد لعدة امتار من مسافة الكبح. سيصبح لمعان الـ (LEDs) كبيراً جداً بحيث يجهزنا باضاءة صباحية خافتة للاضواء العلوية.**

**انهاءات الصبغ ( Paint finishes) ممكن ان تكون مصممة بالتقنية النانوية باستخدام الخلايا الشمسية (Solar cell)، هذه القوة تستعمل لاعادة شحن البطارية عندما تقف المركبة، والتي تحافظ على البرودة الداخلية باستخدام مضخة انتزاع الحرارة، وتكون المضخة شبه موصلة، وان نظام طبقة التقنية النانوية يتم بدون تحريك أي من الاجزاء.**

اما اذا تم تغذية الحرارة  الباقية الكبيرة من ماكنة الاحتراق الداخلي الى اشباه الموصلات، فستتحول الى كهرباء. الشكل ( 3–13) يبين  الكترونيات حماية المركبة، مثل متحسس تعجيل ( Acceleration sensor) الكيس الهوائي الامامي (Front airbag).



الشكل (3–13): الكترونيات حماية المركبة

## 3-9 العوامل المساعدة الذهبية Gold Catalysts

توضح التقنية النانوية الطريق لمهنة جديدة ( New career) للذهب (Au). تجهزنا الجسيمات النانوية للذهب في المادة الحاملة المسامية (Porous carrier material) بعامل مساعد عملي ( Practical) للسيارات حتى التي تتوقف بشكل بارد باكاسيد النايتروز (Nitrous oxides) واحادي اوكسيد الكاربون (Carbon monoxide)، اي المواد غير المؤذية (Harmless).

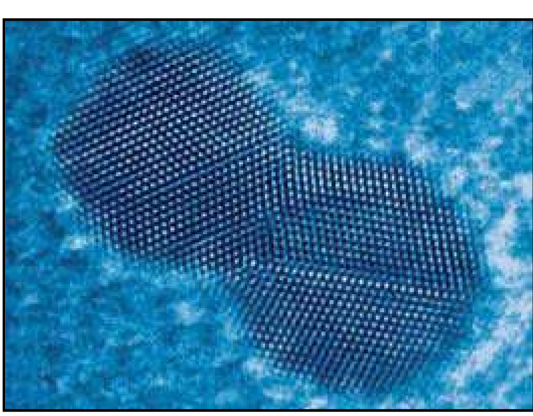
**كما ان الجسيمات النانوية للذهب يمكن استخدامها مستقبلاً كعامل مساعد جديد مرشح لخلايا الوقود، شكل (3−14).**

**كل هذه التقدمات ستفيد في وسائل نقل اخرى لاتمتلك ماتفعله مع السيارات. الدراجات الهوائية ( Bicycles) على سبيل المثال ستستفيد من التقنية النانوية وخصوصاً مع خلايا الوقود والخلايا الشمسية وسيتم تخليق الحركة الابدية ( Eternal motion) وهي ماكنة تستطيع ان تسافر عبر البلاد بطاقة الضوء والهواء والماء فقط.**

## 3-10 الذهب لمنع الروائح

## Gold for The Prevention of Odours

**الجسيمات النانوية للذهب كعامل مساعد تجرب حالياً كمانعات روائح (Odour – preventers)، في انظمة الظروف الهوائية الصغيرة كتلك التي في السيارات، حيث تمنع الروائح (Smells) الناتجة عن البكتريا في النظام. في اليابان يستعملونها اثناء العمل في الحمامات ( Toilets)، الشكل (3− 14).**



**الشكل (3−14): الجسيمات النانوية للذهب كعوامل مساعدة جديدة**

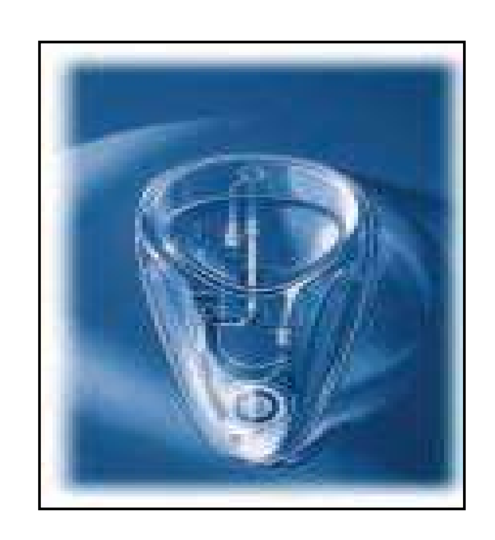
## 3-11 التقنية النانوية في محطة الخدمات

## Nanotechnology in The Service Station

يمر سواق السيارة عبر تقنية نظام مايكروي ( Micro – system technology) عند دخولهم محطات الخدمة على الطريق ( Motorway service stations). وهذه التقنية نلاحظها في الأوعية البولية ( Urinal bowls) للحمامات المتقدمة والمجهزة بمتحسسات تؤشر لاية زيادة في درجة الحرارة لالكترونيات متجمعة ( Associated electronics) فتبدأ بالاحمرار (Flush)، وتكون الطاقة الكهربائية المطلوبة مجهزة من قبل توربين ماء صغير (Mini water turbine) يشتغل بعملية الاحمرار.

يختلف النظام مع متحسسات تحت الحمراء، حيث لايستطيع النظام ان يعطل العمل بقطعة العلكة او اللبان (Piece of chewing gum).

تعمل مبولات التقنية النانوية ( Nanotechnology urinals) من ناحية اخرى بطريقة اكثر بساطة واكثر تطوراً ( More sophisticated)، والشكر لتأثير اللوتس ( Lotus effect) على حائط الوعاء ( Bowl wall) فتتسرب السوائل بسرعة وتترشح خلال طبقة سائل مانع الروائح وتختفي بدون ترك أي اثار جانبية، وتبقى الحقيقة منظورة في الجانب العملي. هذه التقنية تكون مناسبة للعوائل ذات الاحتياجات الخاصة ( Private households). وهذه التقنية موضحة في الشكل ( 3–15) الذي يبين مساحة خدمة البول (Urinal) مع تقنية النظام المايكروي، حيث ان طلاء القياس النانوي (Nanoscale) توفر صيانة اكثر بساطة وانظف باستخدام تأثير اللوتس.



**الشكل (3−15): وعاء البول (Urinal) المزود بتقنية النظام المايكروي.**

## 12-3 خلايا الوقود – وسيلة بالاف الاستعمالات

## Fuel Cells – a Device With a Thousand Uses

**ان الخلايا الشمسية تشبه البطاريات التي تجهز الكهرباء. حال ما تستهلك المكونات الكيميائية ( Chemical ingredients) للبطارية سيعاد تجهيز المواد الغنية بالطاقة (Energy – rich materials) لخلية الوقود. هذه المواد قد تكون هيدروجين نقي ( Pure hydrogen) او أي غاز او سائل اخر يحتوي على الهيدروجين كالغاز الطبيعي ( Natural gas) او زيت بذرة اللفت (Rapeseed oil).**

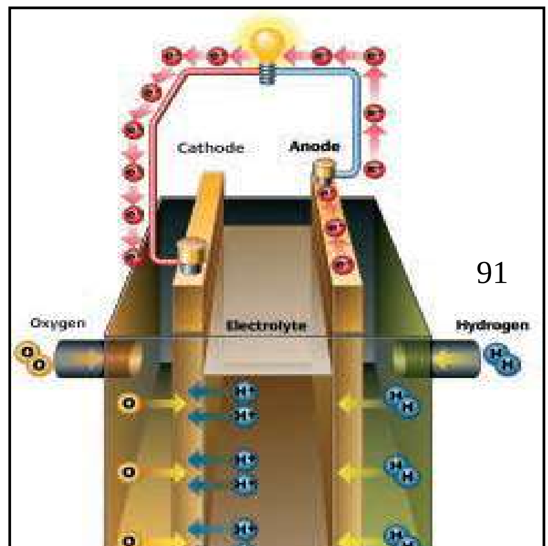
**وفي الحالتيين الاخيرتيين فان الهيدروجين سينفصل في المحسن (Reformer) قبل ان يعمل في خلية الوقود. عندما يرتبط الهيدروجين والاوكسجين فان الاكترونات ستنتقل من الهيدروجين الى الاوكسجين، وفي خلية الوقود فان هذه الالكترونات ستذهب الى الدائرة الخارجية التي تعطي**

الطاقة للمحرك او أي جهاز اخر، والتفاعل الناتج هنا هو الماء النقي، شكل (3−16).

تعمل خلايا الوقود بمستوى عالي من الكفاءة المعتمدة على نوع خلية الوقود، والمعتمدة بشكل اكبر على الحجم. يمكن ان تساهم التقنية النانوية في تقنية انتاج خلايا الوقود مثل الطبقات السيراميكية ( Ceramic films) والسطوح ذات القوام النانوي ( Nano – textured surfaces) والعوامل المساعدة ذات الجسيمات النانوية (Nanoparticles catalysts).

يستعمل خليط الماء مع الميثانول غير الملتهب ( Non – inflammable methanol/water mixture) كمصدر للهيدروجين بالنسبة لخلايا الوقود ذات الاستهلاك الاقل وسيعبأ هذا الخليط من الاسواق المركزية (Supermarket)، شكل (3−17).

تساعد خلية الوقود المحرك الكهربائي في استعادة موقع القطبية (Pole position)، وان المحرك الكهربائي ممكن ان يعمل بمستوى كفاءة اعلى من 90% وتكون وظيفته كمولد ذاتي وكذلك يحول الطاقة الحركية (Kinetic energy) الى طاقة كهربائية ( Electrical energy) مثلما يحصل عند كبح السيارة ( Braking a car). تكون المواد المغناطيسية الجيدة جداً للمحركات الكهربائية والمولدات مكونة من بلورات نانوية ( Nano – crystals)، شكل (3−18).



**الشكل (3−16): خلية الوقود**



**الشكل (3−17)**

**خلايا وقود تستعمل لدى العوائل تجهزنا بكلا من الكهرباء والحرارة في نفس الوقت**

## 13-3 الصحة Health

ان الفطور مع تقدم التقنية النانوية وبحلول عام 2020 سيكون فيه زيادة من القهوة وعصير البرتقال الطبيعي وبعض الاشياء المميزة جداً مثل اللسان الالكتروني (Electronic tongue) في الداخل والذي يختبر العصير للتأكد من انه مازال صالحاً للشرب، او متحسس في الخارج والذي يُقدر أي كمية من الكالسيوم او النقائص (Deficiencies) الموجودة في حصة اصابع التغليف، التي تُعالج بعد ذلك من خلال الغذاء الوظيفي ( Functional food) . او جبن العنزة التقليدي ( Conventional goat's cheese)، والذي يمثل دايود انبعاث الضوء العضوي ( Organic light emitting diode OLED) الملصق على التغليف للارشاد الصحيح، الشكل ( 3−18) و(3−19).

مرأة الحمام المجهزة بالكترونيات نانوية ستزود المستخدم بمعلومات حسب الطلب، اخذة بنظر الاعتبار عصير البرتقال، لان عصير البرتقال سكري والسكر يساعد في تلف الاسنان، الشكل (3−20).

سنحتاج الى التقنية النانوية مرة اخرى، فمعجون الاسنان (المتوفر عادةً) يحتوي دقائق نانوية الحجم ( Nano – sized particles) من الاباتيت (Apatite) والبروتين (Protein)، وهي المواد الطبيعية للاسنان، الذي يساعد في الحفاظ على الظروف الاعتيادية. يحتوي المرطب اليومي (Day cream) ايضاً على دقائق نانوية من اوكسيد الزنك للحماية من اشعاع الاشعة فوق البنفسجية.



**الشكل (3−18):جسيمات نانوية تحافظ على  الطعام طازجاً لاطول مدة.**




**الشكل (3−19): التغليف الذكي بالبوليمر والمعتمد على رقيقة الارسال والاستقبال (Transponder chip).**



الشكل (3−20): بيئة ذكية مجهزة بمرأة ذكية مزودة بالكترونيات

نانوية تعطي دروساً في تنظيف الاسنان.

## 3-14 الجواسيس على طرف الاصبع Spies on the Fingertip

بمساعدة التقنية النانوية، فان تقنية الالكترونيات ونظام المايكرو (Micro - system) واجهزة التحليل المعقد ستصبح متوفرة وبسعر في متناول امكانية العوائل. الابرة الصغيرة جداً في الاصبع ستكون كافية لتحليل الدم مستقبلاً. مستوى الكولسترول (Cholesterol) سيكون جيداً، ومستوى

السكر ضمن المدى الاعتيادي، وسترسل النتائج بالبريد الالكتروني بالاضافة الى الانترنيت لاقرب مركز طبي نانوي (Nano – medical center)، حيث التحليل الاكثر دقة سيكون مطلوباً او الدواء المعين سيوضع كلياً مع المفاعلات المايكروية.

سينقل الدواء الجسيمات النانوية في الجسم، والتي تكون مغطاة بالطريقة التي تمثل مصدراً للمرض. انتقال الدواء ( Drug delivery) سيدقق الى اصغر التفاصيل.

## 15-3 اغلفة دواء فوق الجزيئية

## Supra-molecular Medication Capsules

ادارة الدواء سيكون متطوراً جداً، حيث سيحمل من قبل جزيئات مجوفة فائقة الجزيئية (تحت التطور)، أي اوعية انتقال نانوية القياس تمتلك هوائيات (Antennae) لتلتحق بتلك الاجسام المضادة التابعة للبروتينات المتشابهة التحسس (Similar sensory proteins).

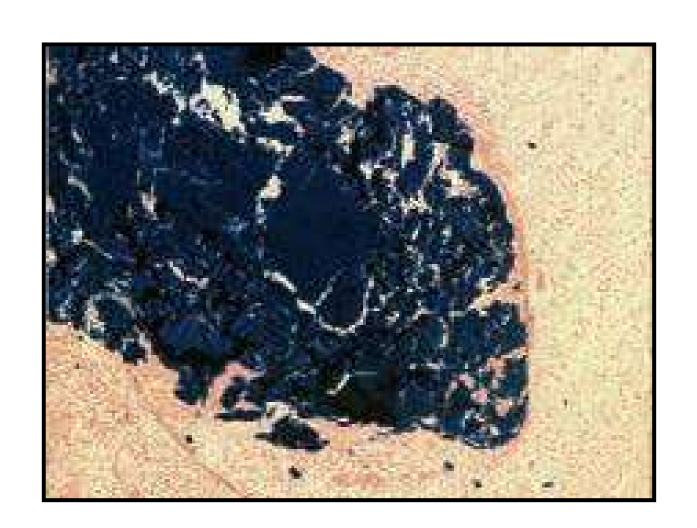
عندما تأتي لتتلامس ( Contact) مع التراكيب المثالية للكاشف المسؤول عن المرض، خارج خلايا السرطان او البكتريا، ترسوا فيه وترسل اشارة للجزيئة المجوفة، والتي تنفتح بعد ذلك وتطلق محتوياتها. بمثل هذه التقنية النانوية سينتقل الدواء بجرعات اعلى مباشرة الى مصدر الامراض بدون وضع أي اجهاد على بقية اعضاء الكائن الحي وتقليل التأثيرات الجانبية (Side - effects).

## 16-3 الدقائق المغناطيسية لعلاج السرطان

## Magnetic Particles for Cancer Therapy

**خدع مشابهة من الممكن استخدامها مباشرة وهي دقائق نانوية القياس مغناطيسية تستخدم لمصادر السرطان ( Cancer) والتي تسخن بعد ذلك بمجال كهرومغناطيسي متناوب ( Alternating electromagnetic field) وتستطيع تحطيم الورم ( Tumour). تكون الدقائق النانوية ايضاً قادرة على المرور خلال حاجز دم الدماغ (Blood – brain barrier) وهو نظام التصفية ( Filter system) لكي تمكنها ان تستخدم لمحاربة الاورام السرطانية (Brain tumours).**

**وهذا ما يدعى بالموائع الخافضة للحرارة المغناطيسية ( Magnetic fluid hypothermia) المتطورة بالمجموعة العاملة باتجاه البايولوجي اندريس جوردن ( Andreas Jordan)، والشكل ( 3−21) يبين خلايا سرطان في الورم الدماغي للـ ( Glioblastoma) مع تغطية معينة من الجسيمات النانوية المغنيتاتية ( Magnrtite nanoparticles) الى حد النسيج الصحي ( Boundary with the healthy tissue). واذا سخنت هذه الجسيمات بواسطة مجال كهرومغناطيسي، فان الورم سيصبح سريع التأثر بالمعاملة المستقبلية.**



**الشكل (3−21): خلايا سرطانية في الورم الدماغي.**

## 3-17 الابواب الدوارة على الرقائق Turnstiles on a Chip

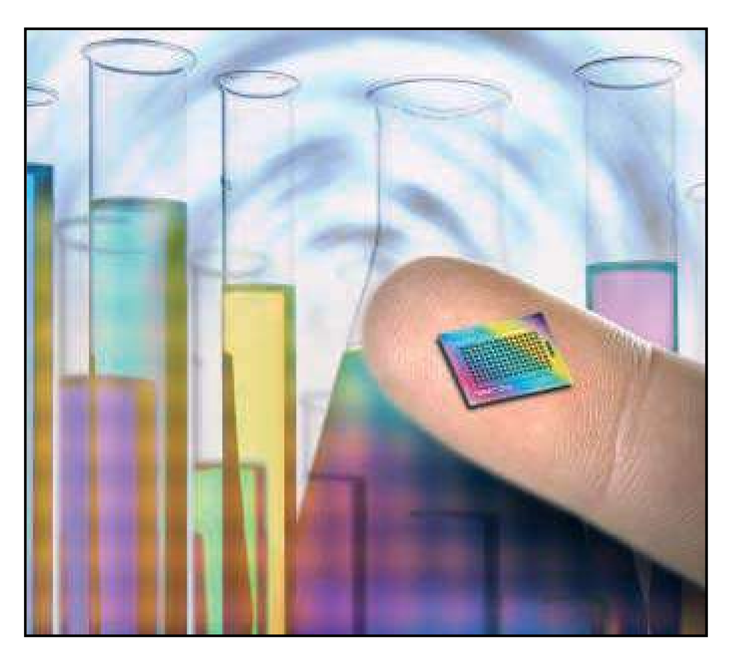
**ان الحدود بين التقنية النانوية ( Nanotechnology) وتقنية النظام المايكروي (Micro – system technolgy) هي الموائع وستندفع في القطاع الطبي اذا لم تكن هناك طريقة اخرى وتقلل التقنيات الموجودة وتجعلها ارخص وفي بعض الاحيان بحدود مئات الالاف او اكثر. وهذا سيطبق من بين الاشياء الاخرى للمكائن المتطورة التي تستطيع فحص الملايين من الخلايا مثل خلايا الدم للكائنات الدقيقة عند سرعة الاف بالدقيقة وتخزنهم في حالة الحياة. وممكن ان تعمل كما يلي: تضاف المضادات الحيوية الى الدم وتربط نفسها بالخلايا المعنية، وفقط بتلك الخلايا، وفي نفس الوقت تحمل الصبغة التي تضيء تحت ضوء الليزر. في فارز الخلية ( Cell - sorter)، تغلف**

الخلايا بالقطرات؛ وعندما تسقط اشارة الضوء فان المجالات الكهربائية تقود القطرات والخلايا الى اوعية التجمع. تكون فارزات الخلية وسائل متطورة جداً (Very sophisticated) ترتبط بالميكانيك الدقيق ( Micromechanics) والبصريات ( Optics) والالكترونيات الاكثر ترشيحاً ( Most refined electronics) والتي ستتوسع فيما بعد. ستختزل التقنية النانوية فارزات الخلية تلك ذات الحجم الرباعي الاطر ( Turnstile – sized cell – sorter) الى اقل ما يمكن.

التقنية الاكثر تطوراً مخططة لمختبر على /الرقيقة ( Lab – on – a – chip)، الشكل (3–22)، وفقاً لقيادة التطور الذي يتضمن الملايين من الوسائل النانوية (Nanodevices) التي تعمل معاً بالتناسق لانجاز مهامها. تكون الرقائق بضع سنتمرات مربعة في حجمها مما يجعلها عملاقة (Gigantic) مقارنة بالمكائن النانوية ( Nano - machines)، وهذا ما يعزى الى حقيقة ان الموائع التي ستدور بداخلها ستصبح لزجة كالعسل ( As viscous as honey) من وجهة نظرة الكون النانوي ( Nano - cosmos) ولذلك تحتاج غرفة لتجري.

ستحث المختبرات على /الرقائق ( Labs – on a – chip) علم الاحياء وإذا استخدم العلماء مختبر النانو ( Nano – lab) في المستقبل سيتابعوا ما سيجري خطوة خطوة في الخلايا المخصصة.

والعلماء لن يرضوا بالملاحظة البسيطة للخلية ولكن سيطعنوا ويحثوا ليروا كيف تتفاعل لترجمة لغز الحياة.



الشكل (3−22): المختبر على /الرقيقة (Lab – on – a – chip)

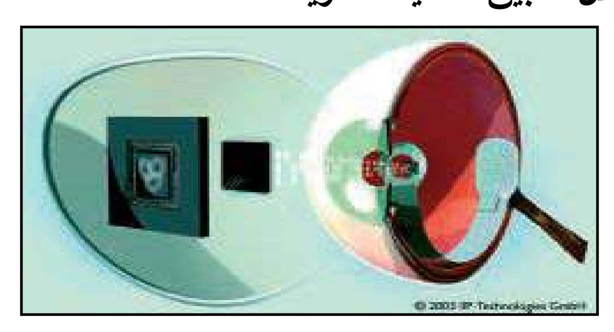
صغير جداً ولكن متطور، مختبر حجم طرف الاصبع.

## 18-3 علم الاعضاء الاصطناعية العصبي – Neuro prosthetics

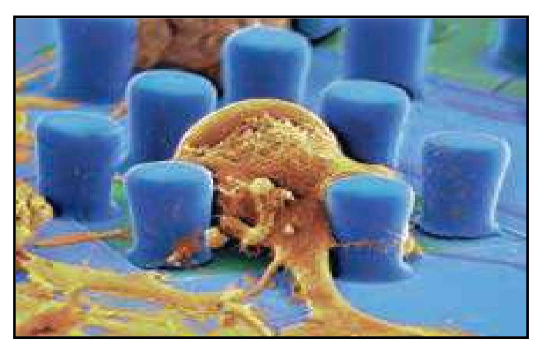
دخلت احدى التطبيقات المطلوبة جداً للتقنية النانوية وتقنية النظام المايكروي حالياً المرحلة النهائية وهي زرع شبكية العين التكيفي والمبين في الشكل (3−23). وذلك لاعادة الرؤية الجزئية في حالات العمى المتسبب عن خضاب شبكية العين ( Retinitis pigmentosa). يتكون هذا النظام من كاميرا صغيرة جداً في اطار النظارات يرسل الصور المحيطة الى مشغل اشارة

تكيفي خاص ( Special adaptive signal processor). يرسل المشغل بيانات هذه الصورة لاسلكياً ( Wireless) الى داخل العين المريضة او المصابة.

تحتوي الطبقة المرنة هنا على اقطاب مصغرة ( Miniaturized electrodes) في تماس مع شبكية العين المحفزة للعصب البصري، واذا نجح هذا التطور سيكون البداية لاحساس البصر ( Sense of sight)، و الشكل (3–24) يبين ازدواج خلايا العصب ( Nerve cells) مع الاتصالات الكهربائية (Electrical contacts). العديد من الناس الصم سيحصلوا على المساعدة بواسطة زرع قوقعة الاذن ( Cochlea)، وسيتحسن الزرع من هذا النوع من خلال تطبيق التقنية النانوية.



الشكل (3–23): زرع شبكية العين



الشكل (3–24): ازدواج خلايا العصب مع الاتصالات الكهربائية

## 19-3 العناية في البيت Home Care

**التغذية افضل والعناية الطبية ستزداد تطوراً والكثير من الناس سيعيشوا عمراً اطول. هذا التطور المرغوب جداً سينجز من خلال الالكترونيات النانوية والافكار التي تتضمن المتحسسات والحواسيب الصغيرة المحاكة في الملابس والقادرة على المراقبة المستمرة للحالة الصحية لكبار السن من نبض وتنفس.**

# الفصل الرابع

# الطب النانوي

# الطب النانوي

# Nanomedicine

## 1-4 المقدمة Introduction

لم يكن ممكناً للاطباء في الماضي اكتشاف الامراض الخبيثة التي تصيب المريض الا بعد فوات الاوان.اما اليوم فقد اضحى من اليسير اكتشاف المرض والقضاء عليه في مراحل مبكرة للغاية وذلك بفضل الطب النانوي (فهو احد المجالات الطبية التي تهدف الى اكتشاف الامراض او علاج الانسجه التالفه مثل العظام او العضلات او الاعصاب على مستوى الجزيئات).

يتوقع العلماء والاطباء ان يتحقق ذلك الحلم بحلول عام 2015. وقد قام المعهد القومي للصحة بالولايات المتحدة باطلاق مبادرة الطب النانو ي وتحديد الاهداف الرئيسية لهذه المبادرة والتي تتمثل في الاتي:

1- التوصل الى سبل للاكتشاف المبكر للخلايا السرطانية والقضاء عليها.

2- ازالة اجزاء الخلايا التالفة واستبدالها بأجهزة متناهية الصغر.

3- تطوير وزراع ة المضخات الجزيئية لحقن الادوية في خلايا معين ة بالجسم .

**ومن الجدير بالذكر ان الابحاث في مجال التخليق الصناعي للمواد والاجهزة وكيفية استخدامها عند مستوى الجزيئي والذرة تتلقى تمويلاً كبيراً من قبل الجهات الاستثمارية.**

**يمكن استغلال علم النانو في حل الكثير من المشكلات الطبية بما في ذلك:**

**1- تخزين المعلومات الوراثية واسترجاعها.**

**2- التشخيص مثل التعرف على احد الامراض.**

**3- اكتشاف استعداد المريض للاصابه بالامراض عموماً مثل مرض الزهايمر.**

**4- تحسين مستوى تصنيف الامراض وادراجها تحت انواع او فصائل متباينة.**

**5- ابتكار ادوية تعتمد على الاختلافات الكروموسومية.**

**6- العلاج الجيني مثل علاج التكييف الكيسي Courteous (adaptation).**

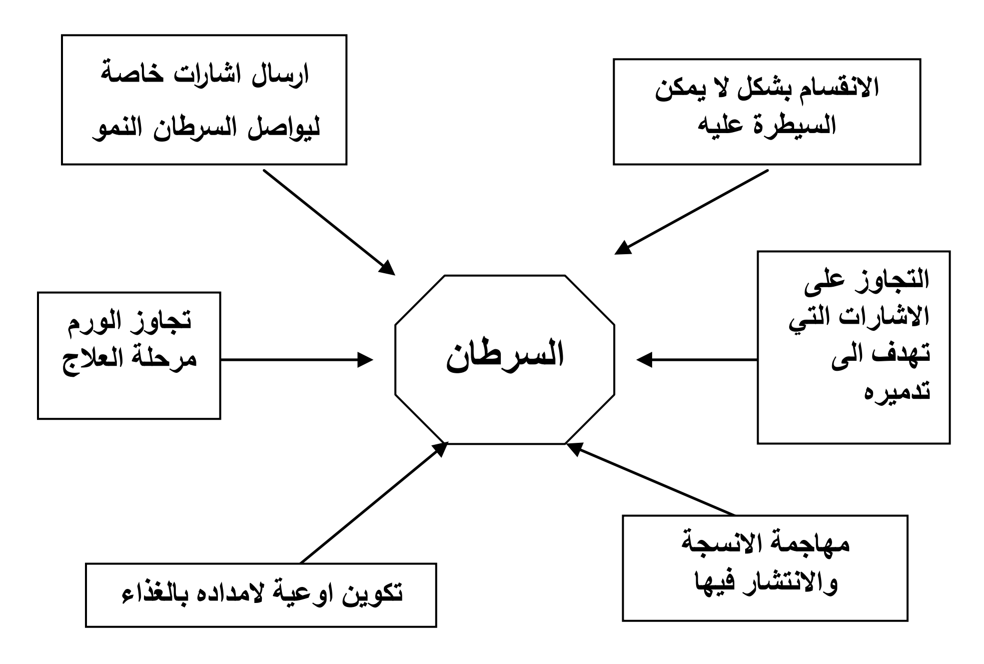
**7- استهداف الخلايا (تطوير اجسام مضادة تستهدف خلايا معينة).**

**لم يزل السرطان من اكثر امراض العصر فتكاً بالانسان وحقيقة لايعتبر السرطان مرضاً واحداً ولكنه عد ة امراض مجتمعة لكل منها سلوكه الفردي الخاص. تلجأ الاورام السرطانية الى العديد من الحيل كي تعجز الاجسام المضادة في الجسم عن اكتشافها، ثم تهاجم الانسجة الاخرى المحيطة بها.**

**ويبين الشكل (4-1)الطرق المختلفة التي يتبعها هذا المرض لتجنب الاجسام المضادة.**

**على سبيل المثال ثمه 14 نوعاً مختلفاً من اورام الثدي بعضها سريع الانتشار واشد فتكاً من غيره وعلى الرغم من ان الباحثين يحاولون التوصل الى معرفة كل شي ء عن الاورام السرطانية المختلفة فأن بعضها يظل خارج نطاق السيطرة خاصة اذا تم اكتشافه في مرحلة متأخرة بعد ان يكون قد قضى على معظم خلايا الجسم.**

**على المدى الطويل قد تتمكن ت قنية وعلم النانو من امداد الاطباء بوسائل جديدة قوية للقضاء على الاورام السرطانية وغيرها من امراض الشيخوخه.**




**الشكل (4-1): الطرق العديدة التي يهاجم بها السرطان الجسم**

## 2-4 مختبر على /الرقيقة Lab On a Chip

تخيل شريح ة بلاستيكية صغيرة بحجم ظفر الاصبع تقوم في دقائق معدودة بأجراء معظم الاختبارات المعملية التي تستغرق في عصرنا الحالي اياماً او اسابيع حتى تظهر نتيجتها ستكون هذه التقنية متاحه بفضل تطبيق التقنية النانوية.

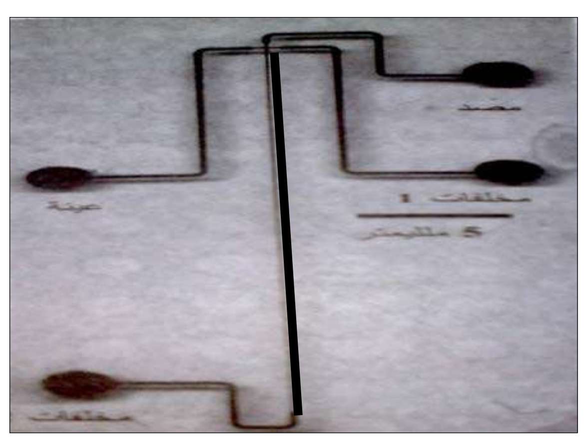
يقوم جيمز هيث (Jemez heth) وهو احد الباحثين في مجال تقنية النانو واستاذ الكيمياء بجامعه كاليفورنيا الامريكية بأبتكار جهاز يجمع 1000 اختباراً (Assay) وحيدة الخلية (وهي عبارة عن تحليل للعنصر يستخدم لتحديد نسبة النظائر في المواد المشع ة) على شريح ة سيليكون يبلغ حجمها 1سم$^2$ . تتميز كل شريحة بوجود صف من الخلايا بفتحات غائرة مستقلة تحت مسام السيليكون. ونظراً لارتباط المسام بغشاء الخلايا فأنها تعمل بمثابة قناة تربط بين مكونات الخلية الداخلية وسطحها الخارجي. بالاضافة الى ذلك توجد على الشريح ة مصفوفات محشوة بأسلاك نانو ية (مثل صف من ذرات معدن مرتبة في شكل صف على قاعد ة سيليكون سمكها لايزيد عن بضع ة نانومترات). ويغطي كل سلك نانو ي مسباراً حيوياً جزيئياً (بروتونات معين ة) كالاجسام المضادة مثلاً والذي يلتصق ببروتينات معين ة مستهدفة. تنتقل البروتونات عبر الاغشية وتلتصق بالجسم المضاد فتتغير قابلية التوصيل الكهربائي للسلك النانوي والتي تقاس بواسطة مكشاف متصل بالمصفوفة.

اطلق (هيث) على هذه الطريق ة اسم الانتقال عبر ن م وذج الاسلاك النانوية الشبكي الفائق ( Super-lattice nano wire pattern transfer). واستطاع الباحثون بذلك انشاء اسلاك متناهية الصغر شبه

موصلة يبلغ قطرها 8 نانومتر وتفصل بينها مسافة 8 نانومتر. ومن الجدير بالذكر ان فريقاً من الباحثين قد نجح في اختراع شرائح اكبر من تلك الشريحة بمرتين او ثلاث كما مبين في الشكل (4−2).

في الوقت نفسه سعى فريق اخر من الباحثين الى دراسة كيفية تأثير المسابر النانوية الخلوية على العمليات العادية التي تتم داخل العين ة وحاولوا اكتشاف ما اذا كانت النتائج تمثل جزءاً من العمليات اليومية التي تتم داخل الخلية ام انها تنتج عن حدوث تغيرات في الخلية بعد تعرضها ل لمسابر النانوية.

تستعين التقنية المعتمدة على المختبر النانوي على الشريحة بأساليب تشبه الى حد كبير الاساليب المستخدمة عند تصميم لوحات دوائر الحاسوب .تتكون الشرائح من قنوات مجهرية او نانوية تتدفق خلالها عينات من الموائع والمواد الكيميائية.




الشكل( 4−2): المختبر النانوي على الشريحة

**ان علم الموائع المجهرية هو العلم الذى يعنى بدراسة كيفية استخدام قنوات دقيقة لامرار السوائل وتحريك الخلايا الى اماكن مختلفة على شريحة معملية واستخدامها في الكثير من الدراسات المتنوعة.**

**تتفوق تقنية شريح ة المختبر النانوي على التقنيات الاخرى بسرعتها البالغة ورخص ثمنها ودقة ادائها. وهذه الشرائح الصغيرة يمكنها اداء العديد من الاختبارات في وقت واحد. ان اهم مايميز التقنية النانوية عن غيرها في هذا المضمار هو الحجم الفائق الصغر والتخصصية. وعلى الرغم من وجود 16 فتحة غائرة في الشريح ة فأنها بالمستقبل تستطيع اختبار المئات وربما الالاف من المركبات الكيميائية والمنتجات الثانوية والجسيمات، الامر الذي سيسهل عمل فحص شامل للجسم بواسطة عينة واحدة مأخوذة من المريض وبهذا يكون عصر تعدد الاختبارات المعملية قد ولى بلا رجعة.**

**تتيح شريحة المختبر النانوي بمسافه فاصلة تعادل او تقل عن 8 نانومتر امكانية دمج العينات ال حيوية وحفظها وفصلها واختبارها وتحليلها للتوصل الى معلومات عن مئات الامراض المعدية المعروفة. ويمكن النظر الى الخلايا باعتبارها مجموع ة من الانشطة المترابطة مثل الاشارات الخلوية وانتقال الانزيمات والغذاء وتكون منتجات الخلية وعوضاً عن التقاط نظرة خاطفة لخلية واحدة يستطيع العلماء بفضلها رؤية كل مايحدث داخل الخلية بالتفصيل.**

## 3-4 أسلاك السيلكون النانوية Nano Silicon Wires

اعلن فريق من العلماء بجامعة هارفرد عن امكانية استخدام اسلاك السيليكون الرفيعة للغاية لاكتشاف اماكن كل فايروس على حده بشكل كهربائي وتستطيع اجهزة الكشف تلك التمييز بين انواع الفيروسات بدقة عالية. اذا تم تجميع هذه الاسلاك المنفردة لتكوين مصفوفة بسيطة لامكن تصميم مصفوفات معقدة قادرة على استشعار الاف الانواع المختلفة من الفيروسات .

لقد نجح الدكتور تشارلز ليبر ( Tcharlz leper ) استاذ الكيمياء بجامعة هارفرد في تصميم اسلاك السيليكون عند مستوى النانو والتي تتمتع بأمكانية تشغيلها وايقافها في وجود فايروس واحد. ومن خلال تجميع الاسلاك معاً يمكن اكتشاف الفايروس الحالي ومستقبلات الاجسام المضادة.

حين يتحد فايروس ما بأحد المستقبلات فأنه يرسل شحنة كهربائية تدل على وجوده. وقد اكتشف الباحثون ان اجهزة الكشف بأمكانها التمييز بين انواع مختلفة من الفايروسات بدقة بالغة. في القريب العاجل سيصبح بأستطاعة الاطباء اكتشاف العدوى الفايروسية في المراحل المبكرة من المرض وذلك بفضل مجسات ا لاسلاك النانوية . وعلى الرغم من ان الجهاز المناعي بجسم الانسان سيظل قادراًعلى القضاء على المستعمرات الفايروسية الصغيرة فأن التدخل الطبي في حالة الاصابة بالفيروسات الخطيرة سيتم قبل اكتشاف المرض بالوسائل الطبية التقليدية بفترة طويلة.

## 4-4 استهداف الخلايا السرطانية

## Target Cancer Cells

مع الطفرة التي حدثت في مجال الطب شرع الباحثون في اجراء بعض التجارب التي تستغل المزايا المتعددة للتقنية النانوية. بلا شك ترتبط التقنية النانوية بالكثير من العلوم وتعتمد على مجموعة متنوع ة من المواد والاجهزة المستخدمة في علوم الاحياء والكيمياء والفيزياء والهندسة. تستعين هذه التقنيات بناقلات متناهية الصغر (وهي عبارة عن بن ى صلبة اومجوفة) في حقن الخلايا المصابة كالخلايا السرطانية بالدواء وعوامل تبين الصورة (كالفلورة او العتمة تحت المجهر).

## 5–4 غلاف البلورة النانوي Nano Crystal Shell

اذا سلطت شعاعاً من الضوء على اصابعك ستجد ان الشعاع يخترق الانسجة ويظهر باللون الاحمر الا ان ذلك لايرجع الى لون الدم بداخل الانسجة وحسب وانما يعود كذلك الى اختراق الشعاع للجلد. يستطيع الضوء طويل الموجة اختراق الجلد دون ان يتشتت بشكل كبير. وقد استخدمت هذه الطريقة عند التداوي بالطاقة الضوئية الديناميكية لعلاج الامراض التي تصيب الجسم .

ان استخدامات الطاقة الضوئية عديدة، فأذا اصطدم الضوء باحد المعادن في الجسم ترتفع درجة حرارة المعدن، الامر الذي يؤدي الى القضاء على الانسجة المحيطة (كالاورام مثلاً). اما اذا اصطدم بأحد الجسيمات فأن

**ذلك يؤدي  الى انطلاق جزيئات الاوكسجين لتتفاعل مع الانسجة المحيطة وتدمرها (فتقضي بذلك على الاورام).**

**اعتمد العالمان جينيفر وريبيكا (Jennifer &Rebecca) الاستاذان بجامعة رايس على جسيمات متناهية الصغر من البلورات الزجاجية المغطاة بقشرة من الذهب اطلقا عليها اسم الا غلفة النانوية (Nano shells) وذلك في تطوير عملية اكتشاف الانسجة التالفة وعلاجها. يوضح الشكل (4−3) التركيب البسيط للاغلفة النانوية هو عبارة عن جسيمات من السيلكا مغطاة بقشرة من الذهب لها خصائص بصرية يمكن تعديلها تتأثر بالحجم والشكل الهندسي والتركيب.**

**الشكل (4−3): الاغلفة النانوية ببساطة التركيب وفاعلية الاداء.**

**صممت الجسيمات النانوية التي تحتوي على لب من السليكا (الزجاج) وغلاف من الذهب بهدف امتصاص الاطوال الموجية الضوئية في الاشعة تحت الحمراء القريبة حيث يكون اختراق الضوء للانسجة اكبر. من الجدير بالذكر ان نوعاً جديداً من عقاقير علاج الاورام السرطانية قد ظهر نتيجة**

استخدام الاغلفة البلورية النانوية المتناهية الصغر والتي تتحرك داخل الاوعية المسامية للورم ثم تستقر هناك.

تتميز الاوعية الدموية التي تمد الورم بالمواد المغذية بوجود فتحات صغيرة تتيح للاغلفة البلورية اختراقها والاقتراب من الورم. تسمى هذه العملية بطريقة النفاذية والاحتباس المعززين ( Enhanced Permeability and Retention) والتي تعرف اختصاراً بأسم ( EPR). اضافة الى هذا تلتحم الاغلفة البلورية بالأجسام المضادة ويتم توجيهها لمحارية البروتينات السرطانية مثلاً او الاعراض الحيوية للمرض الامر الذي يزيد الدقة العلاجية على المستوى الخلوي.

تستطيع الا غلفة البلورية النانوية من الوصول الى الورم بأحدى الوسيلتين اما بأستخدام جسم مضاد او بطريقة (EPR) ولكن لاتتميز جميع الاورام السرطانية بعلامات حيوية محددة تمكن العلماء من تكوين اجسام مناعية مضادة للقضاء عليها .

تعني ظاهرة ( EPR) ان العلاج بالاغلفة النانوية لايقتصر على الاورام السرطانية التي تتصف بعلامات حيوية معينة فعلى سبيل المثال اذا اردنا علاج خلايا سرطان الثدي بأستخدام ا لاغلفة النانوية فأن الاجسام المضادة تلتصق بهذه الاغلفة لتقوم بالقضاء على الخلايا السرطانية المقصودة. عند اجراء التجارب نجح الاطباء في علاج الخلايا السرطانية بأحد فئران التجارب عن طريق تسليط اشعة الليزر تحت الحمراء على الخلايا المصابة. تمتص اغلفة الذهب الاشعة تحت الحمراء فترتفع درجة حرارتها اما الانسجة السليمة

(التي لاتلصق بها الجسيمات النانوية البلورية) فتحافظ على درج ة حرارتها دون ان تتأثر بالظروف المحيطة.

تقوم الحرارة المرتفعة (التي تصل الى 55 درجة مئوية ) بتدمير الخلايا السرطانية دون ان تؤثر على الخلايا السليمة. لهذه الوسيلة العلاجية فائدة عظيمة حيث ان الخلايا السرطانية وحدها هي التي تتعرض للتدمير، اما باقي الخلايا السليمة في الجسم فتظل كما هي دون تأثر او تغيير. وهذا له فائدة كبيرة تختلف عن العلاج الكيمياوي الذي يدمر الخلايا بشكل سريع سواء كانت سليمة او مصابة. ان احد اهم الاسباب التي تؤدي الى فقدان المرضى الذين يتلقون علاجاً كيمياوياً شعرهم هو ان المواد الكيماوية المستخدمة في هذا النوع من العلاج تؤدي الى انقسام خلايا بصيلات الشعر بصورة اسرع من باقي الخلايا وبالتالي القضاء عليها.

نجح العلماء في علاج الفئران بواسطة الطبقات البلورية النانوية عن طريق تدمير خلايا سرطان الثدي ووصلت نسبة النجاح 100% على عكس الفئران التي لم تتلق علاجاً فماتت كلها خلال 30 يوماً. ونتيجة لهذا النجاح المبكر بدأ العلماء اجراء تجاربهم على الانسان في عام 2005، حيث قام العلماء بفحص سرطان القولون الذي اصاب احد فئران التجارب فحقنوه بحقنة وريدية تحتوي على الا غلفة البلورية النانوية ثم اتبعوا ذلك بست ساعات اضاءة للمنطقة المسرطنة. وبالفعل وجد العلماء ان الخلايا السرطانية قد دمرت كلياً. ومع حلول اليوم العاشر نجحت الاغلفة البلورية النانوية في علاج جميع الاورام السرطانية في حين تضاعفت هذه الاورام بشكل كبير في حالة الفئران التي لم تتلق العلاج. بعد علاج الفئران المريضة فوجئ العلماء ان

جميع الفئران التي لم تتلق العلاج قد ماتت بحلول اليوم الواحد والعشرين في حين الفئران الاخرى عاشت اكثر من 90 يوماً دون التعرض لهجوم سرطاني جديد.

ينبغي ان يتأكد الباحث المهتم بوسائل العلاج الجديدة من ان العلاج ليس له اثار جانبية اكثر فتكاً من المرض نفسه الذي اكتشف هذا العلاج من اجله. فقد تطرأ بعض المشكلات اذا اخطأت هذه الجسيمات الدقيقة في الوصول الى المكان المراد (خاصية التوزيع الحيوي) او اذا علقت بالجسم طوال العمر بعد تلقي العلاج (خاصية التصفية) او اذا كانت سامه (خاصية السمية) لهذا السبب قام العلماء بتقييم هذه الخواص الثلاث كي تنجح طريقة العلاج بالاغلفة البلورية.

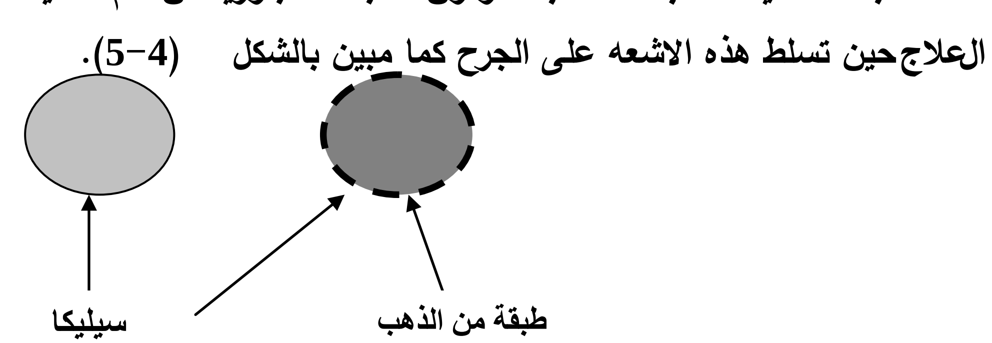
من شأن هذا العلاج الجديد والمتطور لمرض السرطان والذي يخترق انسجة الجسم بواسطة الاشعه تحت الحمراء ان يحد من احتمال تعرض الانسان لاي اثار جانبية. هذا علاوة على ارتفاع معدلات الشفاء بشكل ملحوظ بما اننا سنجنب بذلك الجهاز المناعي بالجسم ان يتعرض للاثر القوي للعلاج الكيماوي المستخدم حالياً والذي يعجز عن تمييز الخلايا السليمة من المصابة.

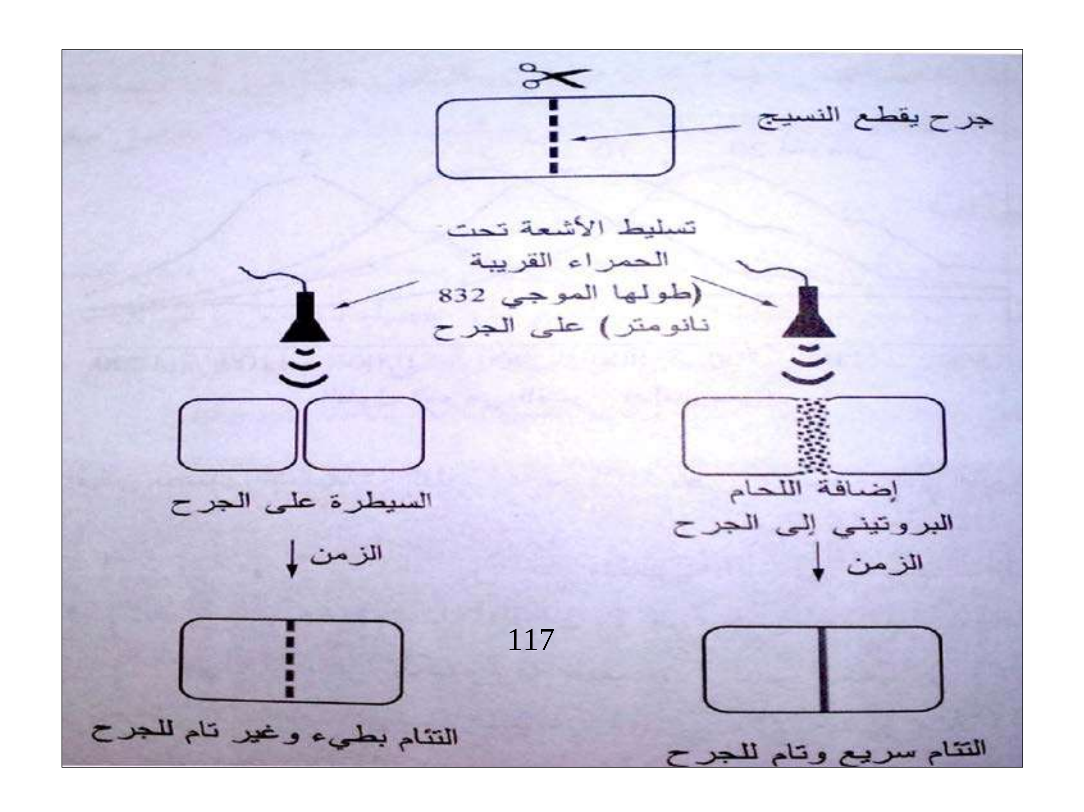
## 5-4 علاج الانسجة Tissues healing

نظراً لان الاغلفة البلورية النانوية قد صممت بحيث تمتص الاشعة تحت الحمراء القريبة دون رفع درجة حرارة الانسجة المحيطة السليمة، يدرس العلماء كيفية استخدام هذه الاشعة في عملية علاج الانسجة. تتيح هذه

العملية فرصة التئام الجروح بشكل افضل واسرع وهو ما يمثل اهمية بالنسبة للاطفال وكبار السن.

يضع العلماء الطبقات البلورية في لحام (Welding) من الزلال (Albumin) وهو نوع من البروتينات يدهن عند منطقة الجرح او القطع. وحين تسلط الاشعه تحت الحمراء القريبة على هذه المنطقة ترتفع درجة حرارة الاغلفة البلورية الامر الذي يؤدي الى تعديل تركيب بروتينات الورم المقصودة فتحدث بذلك عملية معالجة الانسجة. ودون الطبقات البلورية لن تتم عملية العلاج حين تسلط هذه الاشعه على الجرح كما مبين بالشكل (4−5).



الشكل(5−4): عملية اندمال الانسجة

على الرغم من نجاح استخدام الليزر (دون الاستعانة بالا غلفة البلورية ) في بعض التقنيات التقليدية لعلاج الجروح، فأن لهذة الطريقة بعض العيوب، فمثلاً انها لاتخترق الاطوال الموجية للانسجة بشكل كافي كما ان العلاج لايكتمل وتتلف الانسجة المجاورة. وقد نجح احد المعاهد العلمية في الحد من هذه المشكلات عن طريق انتقاء الاطوال الموجية للضوء (الاشعة تحت الحمراء القريبة) التي تمتصها الانسجة. تتم عملية التئام الانسجة بشكل سريع حين توضع الاغلفة البلورية النانوية في اللحام البروتيني وتدهن على الانسجة ثم تسلط عليها الاشعة تحت الحمراء القريبة. وهنا تصبح الانسجة الملتئمة مثل الانسجة السليمة الى حد كبير. وقد اظهرت التجارب التي اجريت على فئران التجارب ان جميع جروحها قد عولجت تماماً وان قوة الانسجة قد زادت خلال 32 يوماً وهي مدة اجراء الدراسة.

## 6-4 التصوير المقطعي البصري المتماسك

## Optical Coherence (OCT) Tomography

يستخدم العلماء تقنيات التصوير البصرية المعتمدة على تشتت الضوء مثل تقنية التصوير المقطعي البصري المتماسك والمعروفه اختصاراً (OCT) في تشخيص مرض السرطان دون اللجوء الى تدخل جراحي، فمع استفحال السرطان في الجسم تتغير زاوية انكسار الانسجة الامر الذي يجعل النسيج المسرطن مختلفاً عن النسيج السليم عند تصويره. اضافة الى هذا فقد يصبح

الفحص المبكر للسرطان والدقة الشديدة في تشخيص وتصوير العلامات الحيوية الجزيئية امراً ممكناً مع استخدام عوامل تباين جديدة.

تتميز الاغلفة البلورية بامكانية تعديل خصائصها البصرية، لهذا السبب يمكن ان تصمم بحيث تمتص الضوء او تشتته عند اطوال موجية عبر معظم المساحة المعرضة للضوء المرئي والاشعة تحت الحمراء للطيف الكهرومغناطيسي. وقد اجريت مجموعة من الابحاث في بيئة صناعية (انابيب الاختبار مثلاً) اعتماداً على تقنية التصوير بالمجهر (الحساس لاشعه الضوء المشتتة فحسب). كما اجريت دراسات اخرى بأستخدام الخلايا السرطانية التي يتسم سطحها بأحتوائه على علامات حيوية معينة (مثل البروتينات والاجسام المضادة وغيرها) حين تتحد الخلايا السرطانية بالاجسام المضادة الملتحمة بالاغلفة البلورية التي تتعرف على الورم من خلال علاماته الحيوية يمكن رؤية هذه الخلايا في المجال المظلم.

تستعين هذه الوسائل بمواد نانوية اخرى تتميز بخصائص بصرية متنوعة مثل تألق او فلورة الاشعه تحت الحمراء القريبة ويمكن تصميم الاغلفة البلورية ايضاً بحيث يرجع اختفاؤها الى امتصاصها للضوء من ناحية والى تشتيتها له من ناحية اخرى.

## 7-4 هندسة البروتينات Protein Engineering

تتكون الانظمة الحيوية بما في ذلك جسم الانسان نفسه من مجموعة كبيرة من البروتينات، فالجلد والشعر والعضلات والدم والاعضاء والعين وغيرها من اجزاء الجسم تحوي على الاف البروتينات التي تشكل تركيبها وتحقق

وظيفتها. وقد تنتج بعض الامراض مثل فقر الدم المنجلي وجنون البقر عن تلف يصيب جزيئات البروتين.

حاول العلماء على مدار سنوات طويلة فك شفرة تركيب البروتينات وحين فكوا شفرة مجموعة العوامل الوراثية البشرية صار الامر ايسر بالنسبة لهم واستطاعوا اكتشاف العديد من التراكيب البروتينية .

واليوم يمكن تخليق البروتينات صناعياً بدمج المكون الاساسي لها (الاحماض الامينية) في الشرائط البروتينية الطويلة بعد تحديدها. وصار بمقدور الباحثين والاطباء استئصال قطاع من البروتين واستبداله باخر كي يعمل البروتين بشكل طبيعي بدلاً من ان يؤثر سلباً على تطور الخلية ووظيفتها، تسمى هذه العملية بهندسة البروتينات.

ان هندسة البروتينات هو العلم الذي يعنى بتخليق البروتينات او اصلاح ما تلف منها لاستخدامها في المجال الطبي او الزراعي. تستغل التقنية النانوية هندسة البروتينات على النحو الامثل في التعرف على الكيفية والمكان الذي يصيب فيه جزىء البروتين الجسم بالمرض فتصبح وسائل هندسة البروتينات اكثر فائدة.

والجدير بالذكر ان ثمة مجالات علمية جديدة كعلم دراسة الجينات (Genomics) وعلم دراسة البروتينات (Proteomics) تهتم كثيراً بمجموعة من البروتينات المعينة وذلك بغرض التعرف على وظيفتها وكيفية تعديلها وتطويرها حفاظاً على صحة الانسان. وقد يتحقق حلم تخليق البروتينات الصناعية التي تستطيع مهاجمة الامراض الفيروسية المعدية .

## 8-4 العلاج بجزيئات الحامض النووي منقوص الاوكسجين Medication with DNA Molecules

**ثمة نوع اخر من العلاج يعرف بالعلاج الجيني او العلاج بالـ DNAيستغل قدرة جزيء الـDNA على استنساخ نفسه ويمكن الاعتماد عليه كنوع من المجسات الحيوية لاكتشاف جسيم او غشاء او نسيج حيوي معين. نجح الباحثون في التوصل الى مكملات لشريط الـ DNA خاصة ببروتينات اورام معينة حيث تلتحم بصمة الـDNA (سميت كذلك لان لكل شخص بصمة DNA فريدة ومحددة لاتتكررمثل بصمة الاصبع) ببروتينات الورم المطابقة في الدم او الانسجة فتصبح كلاً واحداً وبما ان جينات الـDNA لاتتحد الا مع ما يطابقها فان احتمال الخطأ مستحيل تماماً.**

**نظراً لان الجسم عبارة عن منظومة كبيرة ومعقدة تحوي على العديد من المنظومات الاخرى الفرعية فانه من الضروري ان تنتقل الادوية الى المكان المصاب بدقة بالغة، وهذا ماتقوم به ابداننا من تلقاء نفسها وبشكل طبيعي، بيد ان العلماء لم يكتشفواالا في الاونة الاخيرة كيفية حدوث عملية الاتاحة الحيوية(Bioavailability) او الاليات التي من شأنها تطوير جهاز نقل العناصر الحيوي في الجسم، حيث يقصد بالاتاحة الحيوية عملية نقل الجزيئات العلاجية في الجسم الى الاماكن المصابة لعلاجها على النحو الامثل.**

**تستخدم التقنية النانوية حامض الـDNA لنقل احد الادوية الملتصقة ببروتين معين الى موقع الورم لتدميره. وعلى عكس بعض الادوية التي تؤثر**

على جميع اعضاء الجسم فأن الدواء الجديد سيوجه الى المناطق المصابة وحسب وهذا افضل بالنسبة للمريض اذ يمكنه بذلك تجنب التفاعلات السلبية للعقار عموماً.

ان الاتاحة الحيوية وانتقال الادوية بالجسم عمليتان معقدتان ففي حالة العلاج الكيماوي، لابد من التوصل الى طريقة لقتل الخلايا السرطانية التي تجتاح الجسم وحسب دون ان يودي ذلك بحياة المريض.

من الطرق التي جعلت التقنية النانوية تزيد من الاعتماد على الاتاحة الحيوية هي القدرة على نقل الادوية عبر اغشية الخلايا وداخل الخلايا نفسها ويما ان عملية استنساخ الفيروسات والامراض تتم في معظم الوقت داخل الخلية فلابد من ان يتم العلاج كذلك بداخلها. حالياً ليست هناك ادوية يمكنها اختراق غشاء الخلية وذلك لانها لاتحوي على الشحن ة الكهربائية المناسبة. ولايفيد وضع الجزيئات المشحونة في غشاء غير مشحون بيد ان ثمة طريقة للتخلص من هذه العقبة وهي تغطية الجزيئي المشحون بطبقة غير مشحونة تتيح له اختراق الغشاء وتوصيل العلاج.

## 9-4 التركيب الذاتي Self Construction

ثمة بعض الدراسات التي تهتم بعملية التركيب او التجميع الذاتي للكبسولات المجهرية المجوفة. تحت ظروف اختبار معين ة تتكون هذه الكبسولات المجهرية من تلقاء نفسها في شكل كرة مفرغة بدلاً من ان يقوم الباحث بتخليقها. للكبسولة المجهرية شكل كروي وقد تحتوي على اجسام

**مضادة او غيرها من البروتينات تلتصق بغلافها بالاضافة الى وجود انزيمات او جزيئات اخرى داخلها.**

**يهتم الاطباء بعملية التركيب الذاتي للكبسولات المجهرية، حيث انها تعتبر اداة متميزة في توصيل الدواء وعلاج العديد من الامراض مثل الزهايمر او فقدان الذاكرة وتتم هذه العملية على اربع مراحل وكما مبين بالشكل ( 4-5):-**

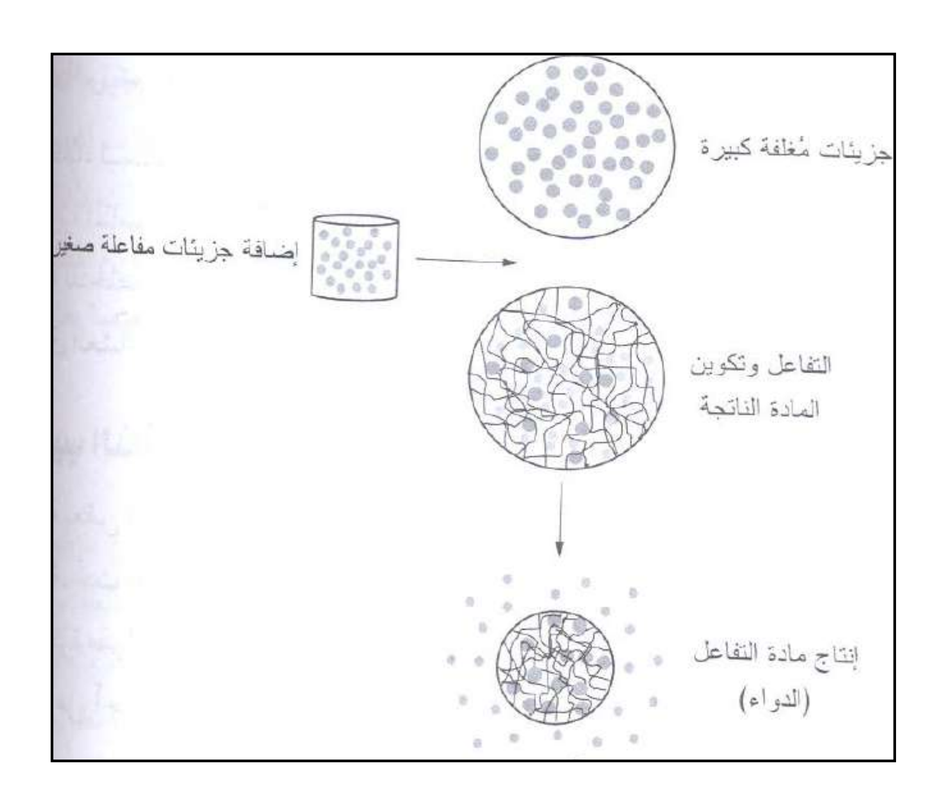
**اولاً: تتركب الكبسولات المجهرية المجوفة التي تتميز بوجود ثقوب ذات حجم معين في غلافها الخارجي من تلقاء نفسها بفعل التفاعلات الكيميائية التي تتم بينها وبين هلام بوليمري وملح.**

**ثانياً: تغلف (تكبسل) الجزيئات الكبيرة خلال حدوث التفاعلات الكيميائية في الوقت نفسه تقريباً.**

**ثالثاً: تضاف جزيئات م تفاعلة اخرى صغيرة تخترق الكبسولات المجهرية وتتفاعل مع الجزيئات المغلفة.**

**رابعاً: تتدفق جزيئات الدواء بالغة الصغر خارج الكبسولات بشكل تدريجي لاطالة فترة الاستفادة من الدواء.**

**وحسب نوع الجزيئ المغلف يستطيع الطبيب تحديد نوع الدواء المستخدم ودرجه فاعليته. بهذ هالطريقة يمكن التحكم في جرعات الدواء بالتحكم في حجم الجزيئات المفاعلة الصغيرة او في مقياس الاس الهيدروجيني (PH) (أي مقياس لوغاريتمي يقيس درجه القاعدية او الحامضية) او في درجات الحرارة.**




**الشكل(4-5): تتيح الجزيئات المفاعلة المغلفة امكانية نقل الدواء عبر الجسم بشكل تدريجي**

## 10-4 علم الدوائيات متعدد الوظائف

**Multi –Functional Therapeutics**

**يسعى الاطباء على الدوام الى اكتشاف اكثر من طريقة لحل المشكلات وبالتالي لاعجب انهم يريدون التوصل الى اكثر من حل للقضاء نهائياً على العديد من الامراض مثل السرطان.**

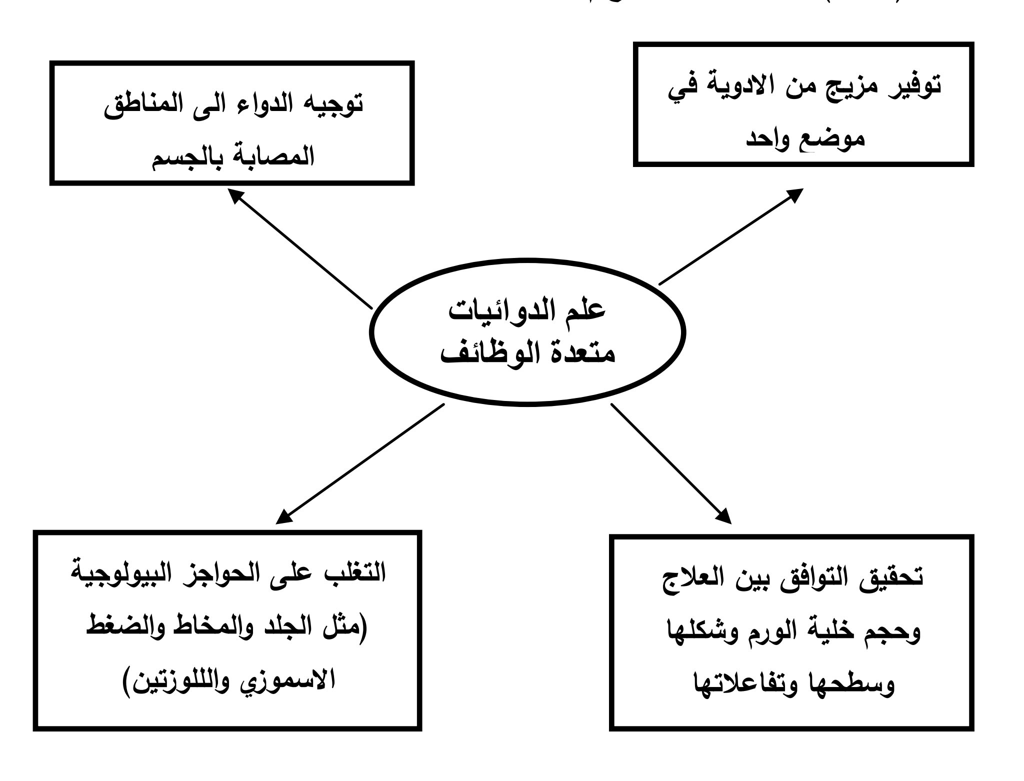
ان علم الدوائيات متعدد الوظائف هو العلم الذي يعني بدراسة الادوية التي يمكن توصيلها الى مناطق معين ة بجسم الانسان عن طريق وسائل مختلفة (بالفم او الدم مثلاً).يمكن استخدام التقنية النانوية لتخليق جسيمات فائقة الصغر تقوم بحقن الدواء في مناطق تعجز العقاقير العادية عن الوصول اليها. مثال على ذلك اذا ابتلع المريض حبة دواء فان الدواء يمر عبر البيئة الحامضية والهضمية للمعدة بعد ذلك تاتي العقبة الفيزيائية التي تتمثل بالامتصاص المعوي وطول الامعاء بالتالي ليس هناك مايضمن لنا ان الدواء اياً كانت نسبته قد يصل الى المكان المراد.

دأب الاطباء منذ سنوات على استخدام بضعة وسائل لعلاج الاورام السرطانية في المخ بدلاً من اللجوء الى استئصالها بالتدخل الجراحي. اما اليوم ومع ابتكار الناقلات النانوية القابلة للحقن والمتناهية الصغر فقد صار لديهم ادوات يمكنها اختراق غشاء المخ الدموي وبفضل التصوير بالرنين المغناطيسي و الناقلات النانو ية يستطيع الطبيب ان يرى في اثناء العملية الجراحية ما اذا كان الورم قد اسئصل بالكامل ام لا. ومما يذكر ان الجسيمات النانوية تكتشف الخلايا التالفة بسهولة كما تصبح الانسجة السليمة واضحة وبالتالي لايحتاج المريض سوى جرعات بسيطة لضمان الشفاء الكامل.

ونظراً لان الامراض يمكن ان تتغير من شخص لاخر فأن علم دراسة الدوائيات متعدد الوظائف يعد غاية في الاهمية عند علاج المريض .على سبيل المثال تتيح طرق هذا العلم توصيل الدواء بشكل خاضع للتحكم والسيطرة على مدى ايام او شهور او حتى سنوات. كما يستعين الباحثون

**بالنماذج والاختبارات التي يتم اجراؤها على اجهزة الحاسوب لتحديد افضل طرق العلاج التي تصلح في مواضع معينة.**

**علاوةً على ذلك فمن المعروف ان البكتيرية والفيروسات تتطور وتتعرض لطفرات كثيرة للتغلب على طرق العلاج الجديدة ومع تحورها لابد من استغلال طرق جديدة لنقل الدواء والسيطرة على الامراض المعدية. يبين الشكل (4-6) المزايا الكثيرة لعلم الدوائيات متعدد الوظائف.**




**الشكل(4-6): علم الدوائيات متعدد الوظائف لعلاج الامراض أو الوقاية منها**

## 11-4 التصوير Imaging

من الضروري ان يفحص الطبيب مايحدث داخل جسسم المريض كي ينجح في تشخيص المرض. قبل ظهور اختراعات ادوات تصوير الجسيمات النانوية، كان العلماء والاطباء يعتمدون على عينات الانسجة والاشعة السينية والتصوير بالرنين المغناطيسي والموجات فوق الصوتية وتحاليل الدم لمساعدتهم على اكتشاف المرض، ومع هذا ففي العقدين الاخيرين سهلت المجاهر المتطورة ووسائل التصوير الحديثة هذه العملية.

واليوم تعتمد الشركات على التقنية النانوية في ا ستخدام التصوير الجزيئي ، حيث تستطيع عوامل التصوير( Imaging agents) توضيح مايحدث داخل الخلية من ظواهر وذلك في الوقت الذي يتم فيه توصيل الدواء الى منطقة او خلية معينة. وعليه يمكن القول ان التصوير لم يعد يركز على ترشيح الاجسام الكبيرة فحسب مثل كسور العظام او تقصف الشعر.

يجعل التصوير الجزيئي الحركة التي تتم بين الجزيئات داخل الكائن الحي مرئية ومحسوبة كما يتيح متابعتها خلال فترة من الوقت سواء كان ذلك في الانسان او الحيوان، يستخدم العلماء عوامل التصوير لامدادهم بالمعلومات الخاصة بعضو او منطقة معينة من الجسم. ومثال على ذلك عنصر الباريوم المشع ($Ba^{37}$) فهو عامل تباين يستخدم لتشخيص الالام المعوية والارتجاع المريئي المعدي والسرطان وقرحة المعدة او الاثنى عشر. تظهر المناطق المصابة باللون الابيض في صور الاشعة السينية مما يدل على وجود تباين

بينها وبين الانسجة السليمة وإتاحة الفرصة امام طبيب الاشعة لتحليل السطح الداخلي للقناة الهضمية بحثاً عن أي انسدادات او اورام او غيرها.

ينطوي التصوير النووي على حقن الجسم بجهاز تعقب ( Tracer) والمسار الذي يتبعه باستخدام كاميرا. على سبيل المثال، يعتبرعنصر التاليوم ($Tl^{201}$) جهاز تعقب مشع يستخدم لرصد امراض القلب مثلاً. يقوم هذا النظير المشع بالالتصاق بعضلة القلب المشبعة بالاوكسجين وعندما يفحص الطبيب مريض القلب يقوم عداد الوميض (Scintillation counter) الذي يرصد الاشعاعات بقياس مستويات عنصر التاليوم المشع بعد اتحاده بالاوكسجين. يمكن ان نرى انخفاض مستويات الاوكسجين في القلب (عند اتحاده بعدد قليل من ذرات التاليوم) على هيئة منطقة معتمة على الشاشة.

اما احدث ادوات التصوير الصغيرة الحجم، فهي المسابير التي يتم تطويرها بحيث يمكن توليفها على التقاط اشارة خلوية معينة او مجموعة من الظواهر، الامر الذي يتيح للاطباء اكتشاف الامراض بصورة اسرع من ذي قبل. قد تتمكن المسابير الجزيئية من تصوير اولى التفاعلات التي تتم عند تكون المرض، وذلك قبل ظهوره في تحاليل الدم ككتلة شاذة.

## 12-4 تعافي علاج العظام Recuperation Healing Bones

حين تتلف عظام منطقة كبيرة من الجسم فأن شفاؤها قد يستغرق فترة طويلة للغاية واذا كان المريض يعاني من ضعف في الدورة الدموية او تقدم العمر فأن فترة الشفاء تستغرق ضعف الوقت الذي يستغرقه شخص اصغر

**سناً تقريباً. يساعد تحفيز تكوين العظام بشكل سريع في حالة كسور العظام الخطيرة على اعادة المريض الى حالته الطبيعية بشكل اسرع. ترجع اهمية ذلك الى انه كلما زادت فترة رقود المرء في الفراش لانت عضلاته وضعفت اجهزة جسمه. ولنأخذ مثالاً على ذلك رائد الفضاء الذي يقضي شهوراً طويلة في الفضاء الخارجي، فعظامه تفقد كميات كبيرة من عنصر الكالسيوم نتيجة لعدم استخدامها للحفاظ على توازنه ونتيجة لعدم تحريك عضلاته كثيراً.**

**قد تكون هندسة الانسجة هنا هي الحل الامثل لهذة المشكلات وغيرها. لقد امكن تخليق مركبات نانوية شبيهة بالكولاجين ( Collagen) من البيتيدات ( Peptides) القصيرة (مواد طبيعية او صناعية مختلفة تحتوي على اثنين او اكثر من الاحماض الامينية) وهي تضاف الى مناطق الكسر او العظام الهشة لتحفيز قدرتها على الشفاء ووقايتها من التعرض لمزيد من المضاعفات.**

**ان الكولاجين هو اكثر البروتينات وفرة بجسم الانسان وهو يتكون من عدة ذرات هيدروجين وروابط متشابكة بين ثلاثة شرائط بروتينية ملفوفة ببعضها بأحكام تتحد على هيئة جزيئات طويلة ورفيعه لمادة قوية. تتجمع هذه البيبتيدات القصيرة ذاتياً لتكون الكولاجين ويمكنها تكوين بوليمرات متجاورة لبناء الف نانومتر من الحلزونات البيبتيدية الطويلة. فأذا اتحدت هذه المواد الشبيهة بالكولاجين مع جسيمات نانوية ، فستصبح مركبات نانوية خاصة بهندسة انسجة العظام متاحة امام العظام الطبيعية لاستخدامها كهيكل دعامي في المناطق المصابة كما قد يستفيد مرضى هشاشة العظام والمصابون بكسور في العظام من انابيب الكاربون النانوية.**

**تتميز انابيب الكاربون النانوية احادية الطبقة بقوتها ومرونتها ووزنها الخفيف، الامر الذي قد يفيد في ترميم العظام. يؤدي هذا النوع من المواد النانوية الى تحقيق المرونة والقوة بالنسبة للعظام الصناعية والانواع الجديدة من العظام المزروعة واساليب علاج هشاشة العظام مع توفر مواد نانو ية متكاملة سوف تصبح عملية الشفاء ايسر واسرع مع وجود بعض الانتكاسات القليلة خاصة بالنسبة لكبار السن.**

13-4 **المواد النانوية السمية** Poisonous Nanomaterials

**لان المواد متناهية الصغر تتميز بصفات تختلف عن غيرها من المواد كبيرة الحجم فأن خواصها الجديدة مثل القوة او الخصائص الكهربائية تثير عدة تساؤلات تتعلق بالمنتجات الجديدة المحتوية على الجسيمات النانوية وما اذا كانت هذه المنتجات تنطوي على اية خطورة ام لا.**

**في الوقت الراهن، تستعين المئات من المنتجات بالتقنية النانوية . بيد ان هذه التقنية لم تزل في المهد كما ان انتاج المواد النانوية لم يزل محدوداً وحتى يومنا هذا لايعرف الانسان الكثير عن مضاعفات استخدام المواد النانوية الجديدة على البشر. وعليه فالمجال مفتوح امام العلماء لاكتشاف كل ماهو جديد عن التقنية النانوية. على الرغم من هذا ، ينبغي على خبراء السموم في مجال التقنية النانوية الالتزام بمجموعة التعليمات التي اصدرتها وكالة حماية البيئة.**

في عام 2005 نشرت احدى الصحف العلمية على شبكة الانترنيت تقريراً بلغ عدد صفحاته 85 صفحة مدعوماً بالمستندات اللازمة. تناول هذا التقرير المضاعفات الصحية الناجمة عن التعرض ل لمواد النانوية، كما حدد طريقة لتقصي هذه الاثار.

وعلى الرغم من ان التقرير يركز على الاثار السمية الناتجة عن استخدام الجسيمات النانوية والتي تضر بجسم الانسان، فأنه لايتناول مخاطر التعرض لهذ هالجسيمات، نظرا لقلة الاشخاص الذين تعرضوا لها بصفة مباشرة. كما يركز التقرير على ضرورة توضيح الاختلافات بين هذه الجسيمات من حيث التركيب والشكل ومساحه السطح والخصائص الكهربائية والوعي بامكانية تكوين كتل خلوية تتفاعل مع جسم الانسان بشكل يختلف عن الجسيمات المنفردة. ويقترح التقرير بعض الطرق لتحليل اثر المواد النانوية على اعضاء الجسم الداخليه المختلفة وطرق اخرى لاختبار نسب الاستنشاق او الاستهلاك او التعرض للجسيمات النانوية.

بيد ان هذا التقرير لا يوفر اساليب تفسر السبب وراء حدوث اثار حيوية نتيجه التعرض ل لجسيمات النانوية، وعليه فلا بد ان يحدث نوع من التبادل المعرفي بين العلماء والاطباء والاختصاصيين السريريين بشأن التفاعلات الفسيولوجية.

## 14-4 **الطب في المستقبل** Medicine in Future

نجح الاطباء قديماً في الدول الغربية في تطوير تقنيات متقدمة لعلاج الاصابات الشديدة في حالات الطوارى، اذ كان هدفهم الرئيسي ينصب على علاج الجروح في وقت وجيز لانقاذ حياة المصاب. كما حاولوا اكتشاف عقاقير جديدة لعلاج الامراض في مراحلها المتأخرة. وعلى

**عكس الطب الشرقي الذي يهتم اكثر بالوقاية من الامراض، فأن الطب الغربي يهتم بعلاج الامراض المزمنة. ومن وسائل الوقاية من الامراض التي تتبعها الدول الشرقية: الوخز بالابر والتدليك والعلاج بالتأمل، وهي تقنيات اقل تقدماً وتعقيداً من التقنيات الغربية والادوات المتطورة المكلفة مادياً والعلاج الكيميائي المستخدم لعلاج الاصابات والامراض في المراحل المتأخرة من الاصابة.**

**وهذا الاختلاف بين الطب الشرقي والطب الغربي قد يتغير في العقود القادمة نتيجة التطوير في مجال التقنية النانوية . سيتيح هذا التطور تقييم الصفات الوراثية والتحليل الجزيئي الشامل عن طريق تحليل الدم. وسيتم فحص صح ة الانسان واحتمال تعرضه للامراض وذلك منذ يوم مولده مما سيسهل على الاطباء التنبؤ بالمشاكل الصحية التي قد يعاني منها قبل وقوعها بفترة كبيرة. وبناءً على ذلك سيصبح الطب الوقائي هو الاساس، وبذلك تتغير نظرة المجتمع لمجال الطب كما لن يصبح الاقتصاد هو المتحكم في الرعاية الصحية في العالم، اذ ان التقدم في الرعاية الصحية المعتمدة على التقنية النانوية الجديدة سوف يحدث بدوره تقدماً في مجال الابحاث العلمية والشركات الدوائية والتعليم والمجتمع ككل.**

# الفصل الخامس

# العالم النانوي للمواد الحيوية

# العالم النانوي للمواد الحيوية

**Nanoworld of biological materials**

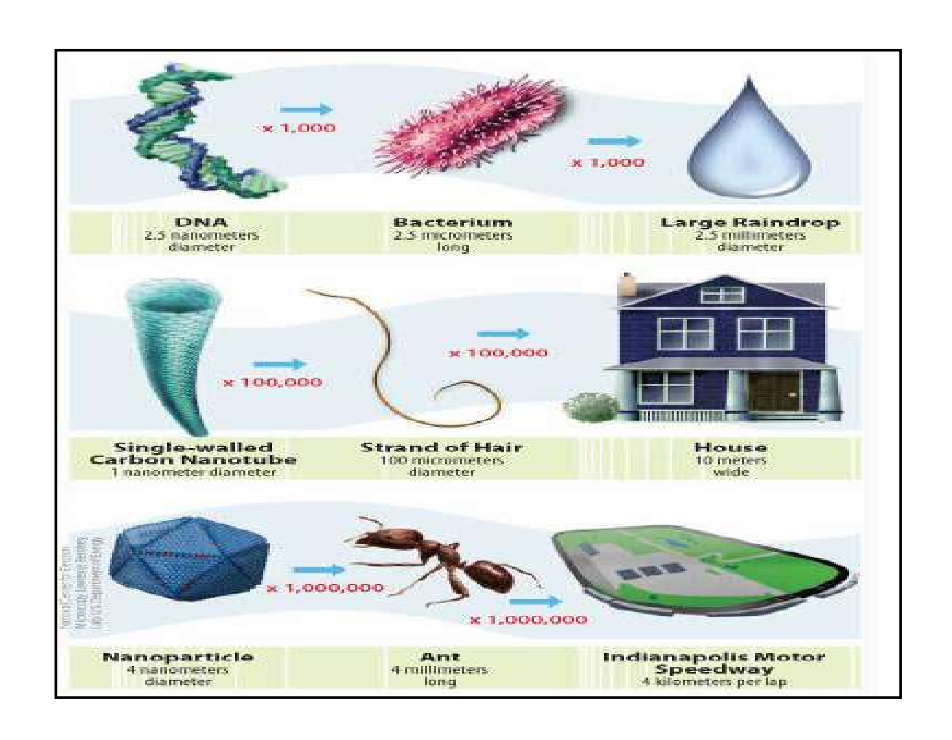
## 1-5المقدمة Introduction

يختلف العالم النانوي عن العالم الذي نعرفه جميعا، حيث ان كل شي بداية من الطائرات والقطارات والسيارات الى الاحذية والاقلام والطعام خاضع لخصائص الكتلة. اما بالنسبة لما يقاس بالمليمتر والكيلومتر والميل، فأن بعض الخصائص مثل الاحتكاك والقابلية للطرق (قابلية المادة للتشكل عند تعرضها للطرق) والتلاصق ومقاومة القص كلها خصائص قادرة على مواجهة القصور الذاتي والجاذبية. وبهذه الطريقة يمكن تشييد بنايات شاهقة الارتفاع دون تعرضها للانهيار.

يتأثر كل شى عند المستوى النانوي بالحجم المتناهي الصغر للاجسام. فالجسيمات النانوية مثلها مثل ذرات الغبار المتطايرة، لا تتأثر مطلقاً بالجاذبية مقارنة بالاجسام الكبيرة وانما تتأثر بصفو مستمرة بالاجسام المجاورة ومثال على ذلك القوى الخارجية مثل المغناطيسية وتيارات الماء او الهواء والحرارة والبرودة والكهرباء وغيرها من العوامل الاخرى، تؤثر في اتجاهات حركة الجسيمات النانوية وتفاعلاتها. وبالتالي يعتبر احتكاك الذرات بين الجزيئات او الاجسام اقوى من قوة شد الجاذبية.

ان حجم الجسيمات النانوية لايزيد عن حجم الذرات المنفردة أي نحو 0.1 نانو متر عرضاً ويعتبر الجسيم او الجسم في المستوى النانوي اذا كان طول احد ابعاده يتراوح بين 1 و 100 نانومتر. تمتاز معظم الجسيمات الحيوية ببعد واحد على الاقل بهذه المواصفات.

ان الشكل ( 5-1) يبين الاحجام النسبية لمجموعه مختلفة من الجسيمات الدقيقة غير المرئية التي توضح الفرق بينها وبين الاحجام المرئية.




الشكل(5-1): الحجم النسبي لثلاثة مواد حيوية مرئية وغير مرئية.

تحتوي معظم الكائنات وحيدة الخلية على عضيات ( Organelles) مثل النواة والمايتوكوندريا ( Mitochondria) وجهاز كولجي ( Kolgi system) والذي يتسم بحجمه الفائق الصغر. توجه مثل هذه الاجسام في الخلية اوالكائن الحي ( Live organism) وتمنحه الطاقه والقدرة على التكاثر.

## 2-5 الانظمة الحيوية واللاعضوية Inorganic and Bio Systems

تعتمد الانظمة الحيوية (الرطبة) واللاعضوية (الجافة) على مدى القابلية للذوبان في الماء. تمكن التقنية النانوية الحيوية الباحثين من تحويل العناصر غير القابلة للذوبان في الماء الى عناصر قابلة للذوبان يمكنها العمل اوالتفاعل في الظروف المائية الرطبة المتباينة مثل الكائنات الحية. ولاستخدام التقنية النانوية في الاغراض الطبية والحيوية،لابد من ايجاد طرق لدمج هذين النوعين من الانظمة (العضوية واللاعضوية).

ومن هذه الطرق ربط مادة جافة لاعضوية مثل الذهب بمادة اخرى رطبة عضوية مثل الخلايا المصابة بأحد الامراض بأستخدام اجسام مضادة معينة. وبهذه الطريقه يمكن الاستعانه بالجسيمات غير السامة او العناصر المهجنة لعلاج العديد من الامراض مثل السرطان. ومن الجدير بالذكر ان التقنية النانوية قادرة على التأثير بدرجه كبيرة على الكائنات الحية سواءً كان ذلك داخل الخلايا او الاعضاء او الكائنات الحية المجهرية او منظومة بيئية معينة.

بالاضافة الى ذلك، يستطيع العلماء استغلال الخلايا الحية لتخليق مواد نانوية متناهية الصغر. فمن المعروف ان الطبيعة تعج بالكثير من الاجسام المعقدة التي تعتمد على الكاربون وتقوم بالعمليات الكيميائية او الفيزيائية او الحيوية. فاذا امكن استخدام هذه الانظمة الحيوية لتحسين عملية التركيب عند المستوى النانوي، لاستطاعت التقنية النانوية الحيوية تغيير الكيمياء وهندسة المواد.

تعتبر المواد النانوية المخلقة صناعياً مواد غريبة اذا دخلت الانظمة الحيوية وتمثل الطريقة التي تؤثر بها هذه المواد على العمليات الكيميائية الحيوية والخلوية اهمية كبيرة بالنسبة للانظمة الحيوية الطبية والبيئية المختلفة. لايجاد تطبيقات جديدة باستخدام التقنية النانوية لابد من التوصل الى كيفية التفاعل بين الانظمة الحيوية والمواد النانوية اللاعضوية.

## 3-5 العمليات الجزيئية الحيوية في الطبيعة

**Biomolecular Process in Nature**

تحتوي الطبيعة على العديد من المكونات المتباينة، بداية من ادق الحشرات الصغيرة الى اكبر الحيوانات العملاقة. وتعتبر البروتينات اساس جميع العمليات الجزيئية الحيوية تقريباً. وهي تتكون من ذرة كاربون اساسية ترتبط بثلاث مجموعات: مجموعة الاحماض الامينية ومجموعة الكاربوكسيل ومجموعة فعالة متفاوتة الاطوال.

تتسم البروتينات بشكل معياري محدد وتمثل على هيئة سلاسل طويلة من الاحماض الامينية تأخذ اشكالاً معينة. تضاف الاحماض الامينية الى

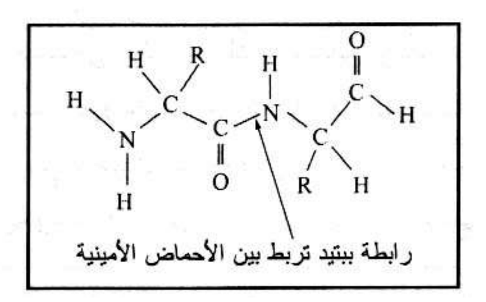
**سلاسل البروتين عن طريق الروابط. تسهل خصائص الروابط المختلفة على علماء التقنية النانوية استغلال الخلايا الطبيعية في التطبيقات الحيوية.**

**يوضح الشكل ( 5-2) تركيب البروتين وروابط الببتيد ( Peptide linkages) حيث يمكن رؤية روابط البتيتد تربط بين الاحماض الامينية في وجود مرسل هيدروجيني (مجموعة النايتروجين والهايدروجين بعد ارتباطهما الاحادي) ومستقبل هايدروجيني (مجموعة الكاربون والاوكسجين بعد ارتباطهما الثنائي).**

**ان المرسل على عكس المستقبل، هو وصف لذرة او جزيء يمنح ذرة او جزيئاً اخر إلكترونات لتكوين رابطة بينهما تحمل ذرات الكاربون الزائدة في سلسلة البروتين الهيدروجيني وسلسلة واحدة من عشرين سلسلة فرعية مختلفة، والتي تمثل عادة بالحرف R. وعليه، فثمة طرق عدة تستطيع بها روابط البروتين التأثير على تراكيب المواد النانوية الجديدة المتنوعة.**

**يرى العلماء ان التقنية النانوية تساعد الطبيعة في عملية اصلاح الخلايا التالفة. فعن طريق تحريك الذرات والجزيئات وتعديل أماكنها في التركيب البروتيني الأساسي، يستطيع العلماء علاج الكثير من الامراض.**

**ومن الضروري ان يتمكن الباحثون من رؤية البروتينات كي يكتشفوا وظيفتها داخل الخلايا. فعلي سبيل المثال، لا يستطيع العلماء التحدث عن الجزيئات الحيوية ما لم يكن هناك استيعاب تام اولاً للتراكيب الاساسية.**




**الشكل(5−2): تركيب البروتون البسيط**

**والمعقد حسب روابط الببتيد والسلاسل الفرعية.**

**ان بروتين الـDNA (الحامض النووي منقوص الاوكسجين) هو الذي يحدد شكل الحياة، اذ انه يحمل صفات تطور الكائن ونموه، سواء كان هذا الكائن إنساناً او حيواناً او حشرة صغيرة. فهذا البروتين يحمل الصفات الوراثية لجميع الكائنات الحية، وعليه فهو بروتين فريد من نوعه.**

**في عام 1951، بدأ عالم الاحياء الامريكي جيمس واطسون (Games Watson) عمله مع عالم الفيزياء البريطاني فرانسيس كريك (Farness creek) في جامعة " كمبريدج" البريطانية. كان العالم كريك يدرس تركيب جزيئات البروتين مستعينا بعلم دراسة البلورات بالاشعة السينية. وقد نجح العالمان واطسون وكريك في اكتشاف تركيب الـ DNA من خلال تعاملهما مع نماذج النيوكليوتيد (Nucleotide) المصممة من الاسلاك. وفي**

سنة 1962، تقاسم العلماء واطسون وكريك وموريس ويلكنز جائزة نوبل في الطب والفيزياء لتعاونهم المشترك في اكتشاف تركيب الـDNA.

وبعد ذلك الاكتشاف، صار بالامكان التعرف على الصفات والامراض الوراثية؛ اذ يحتوي الـ DNA على انماط معينة لبناء بروتينات الجسم، بما في ذلك الانزيمات المختلفة. ويتألف كل جزئ من جزيئات الـ DNA من شريطين طويلين مجدولين تربطهما روابط هيدروجينية، وملفوفين في شكل حلزون مزدوج. يتكون الشريطان من مجموعة فوسفات سالبة التكافؤ وسكر خماسي متحد بالروابط الهيدروجينية الناشئة بين مجموعتين من القواعد العضوية.

يطلق على مجموعتي الفوسفات والسكر اسم النيوكليوتيد (وهي تدخل في تركيب العديد من الانزيمات المساعدة وتمثل وحدة بناء الاحماض النووية)، وتوجد في ثلاثة أجزاء: حامض الريبوز منقوص الاكسجين (Deoxyribose) وهو عبارة عن سكر خماسي يتكون من خمس ذرات كاربون ومجموعة الفوسفات وقاعدة نيتروجينية. وثمة اربع قواعد نيتروجينية مختلفة وهي: الجوانين ( Guanine ويرمز له بالرمز G) والسيتوزين (Cytosine ويرمز له بالرمز C) والادينين (Adenine ويرمز له بالرمز A) والثايمين (Thymine ويرمز له بالرمز T). وهذه القواعد الاربع هي وحدة بناء الشفرة الوراثية، كما تمثل ذاكرة الخلية التي تأمرها بافراز الانزيمات والبروتينات الاخرى. يبين الشكل (5-3) شكل الحلزون ألفا لجزيء الـDNA.

يتحد شريطا الـ DNA معا من خلال قاعدتي البيورين ( Purine) والبيريميدين (Primidine) الموجودتين في زوجين. ولا يمكن ان يتم الترابط

**الا بين زوجين من قواعد معينة. وهذه الازواج هي الادينين (البيورين) مع الثايمين (البيريميدين)، والجوانين (البيورين) والسيتوزين (البيريميدين).**

**الأدينين ↔ الثايمين**

**الجوانين ↔ السيتوزين**

**تمد الاربعة نيوكليوتيدات (A , T , C , G ) الخلية بكل ما يحتاجه الكائن الحي من معلومات للبقاء على قيد الحياة؛ اذ انها تنسخ المعلومات الضرورية بدقة متناهية. تحتوي كل خلية في الانسان على 46 جزيء DNA منفصل، وكل جزيء يحتوي على نحو 160 مليون زوج من النيوكليوتيدات. وعلى الرغم من ذلك، يظل هذا الكم الهائل من المعلومات قابلاً للتخزين بدقة بالغة.**

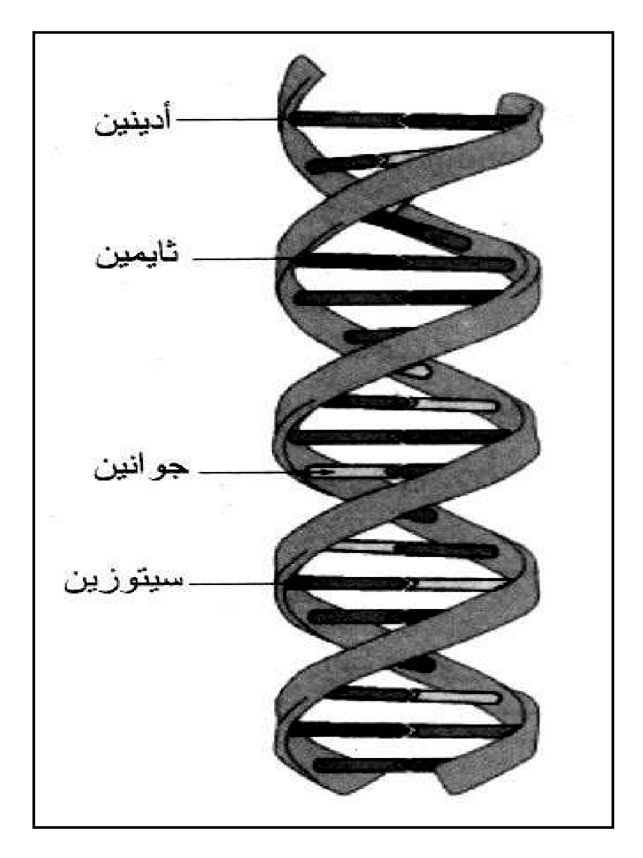
## 4-5 الحامض النووي الرايبوسومي منقوص الاوكسجين الجزيئي

**Molecular**

**DNA**

**يحتوي حامض الـ DNA في الانسان على شفرة بنائه ونموه. فمن خلال عملية غاية في الدقة، تتكون بنية جزيء الـDNA من خلال الاحماض النووية وهي الجوانين والسيتوزين والادينين والثايمين. بعد ذلك، تقوم هذه الاحماض باستنساخ جزيئات الـ DNA وترتبط بغيرها من الجزيئات لتكوين المعلومات الوراثية للجسم.**

**فقد يكتب شريط الـDNA بهذا الشكل: AGCGCAAG . اما الشريط الاخر المكمل في الحلزون المزدوج، فيكتب بالشكل التالي : TCGCGTTC. وهذا الترتيب لا يتغير مطلقا الا في حالة حدوث تلف ما بشريط البروتين.**




**الشكل(5-3):القواعد النايتروجينية لجزيئة DNA.**

**قد يتلف حامض الـ DNA لاسباب عدة، مثل التعرض للاشعاع. لهذا السبب، يحرص فنيوا التصوير بالاشعة السينية على التأكد من ان السيدة ليست حاملاً قبل تعرضها لهذا النوع من الاشعة؛ حيث ان الاشعاع الصادر عن الاشعة السينية قد يسبب طفرة بروتينية في الحامض النووي للجنين.**

**وعلى هذا، فان اموراً كثيرة تتوقف على مدة تلف حامض الـ DNA ومكان هذا التلف. فاذا كان احد الشريطين يحتوي على المعلومات بالترتيب GGCAATC، ونسخت هذه المعلومات بالشكل GGGAATC، فلا يشترط ان يسبب ذلك مشكلة للانسان، وذلك حسب نوع المعلومة التي ينسخها الشريط. وعليه، فان احد اهم ميزات التعامل مع البروتينات عند المستوى النانوي هو امكانية اصلاح العيوب او التشوهات الخلقية الوراثية. اذا استطاع العلماء التحكم في مواضع الذرات المنفردة، لامكن التوصل الى علاج للعديد من الامراض الوراثية، مثل فقر الدم ( Anemia). هذا ومن الضروري ان يقوم العلماء باجراء المزيد من الابحاث، وان كانوا ينجحون يوميا بالفعل في اكتشاف الكثير من خبايا عالم الحيوي.**

**من المعروف ان بعض سلاسل الـ DNA تعتبر مركز تحكم يقوم بعمليات معينة او الغائها. وبعض هذه السلاسل خاص ببناء البروتينات وغيرها من المواد الحيوية، في حين ان البعض الاخر لم يزل غامضاً بالنسبة للعلماء. وعلى الرغم من وجود المجاهر الالكترونية على مدار عشرات السنوات، فان الميزة الكبرى التي تعود على الباحثين من وراء استخدام ادوات التقنية النانوية الحديثة تتمثل في انها تتيح لهم التعمق (حتى المستوى الذري) واكتشاف ما يجري داخل الجسيمات، بالاضافة الى كيفية استغلالها لصالح البشرية.**

## 5-5 تصوير العينات الحيوية

**Photography Bio Samples**

**تعتمد مسألة تصوير الانظمة الحيوية على اعداد العينة وتجهيزها. فكلما كانت تقنيات المختبر متقدمة والعينة نقية امكن اكتشاف بنية الاجسام وتركيبها وخصائصها. وفي الغالب الاعم، يحصل الطلبة الجدد في المختبرات على عينات أقل نقاء، على الرغم من استخدامهم لوسائل التنقية ذاتها التي يلجأ اليها اساتذتهم. يكمن المحك الرئيسي هنا في الخبرة والانتباه والاهتمام بالتفاصيل. ففي بعض الاحيان، يؤدي أمر بسيط مثل الانتقال بعينة الاختبار في ارجاء المختبر لوضعها في الثلاجة بدلاً من وضعها في الثلج على الفور الى تراجع مستوى نقائها.**

**ان العلماء المحنكين المتمرسين يتمتعون بدراية كافية بجميع الطرق التي تضمن لهم نقاء العينة، وبذلك، يستطيعون استغلال خصائص العينة. فاذا تفلورت عينة الاختبار، يقوم العلماء باستخدام تقنيات التصوير التي تقيس مستوى التفلور (Fluorescence). واذا كانت العينة توصل الكهرباء، يقومون باختبار عدد من الشحنات المختلفة.**

## 6-5 تصوير البلورات بالاشعة السينية

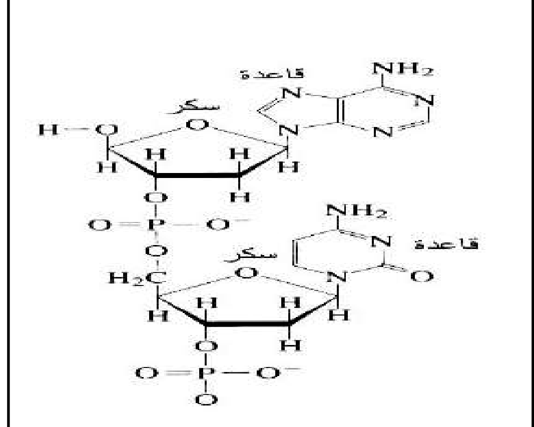
**Photography Crystals by X−Ray**

**يتيح علم دراسة البلورات بالاشعة السينية ( X−rays) الفرصة امام الباحثين للتوصل الى جميع المعلومات التفصيلية المتعلقة ببنية الذرة وتركيبها. وتقدم**

**طريقة تصوير البلورات بالاشعة السينية صورة ثلاثية الابعاد لكثافة الالكترون وشكله.**

**بادئ ذي بدء، تنشأ بلورة نقية من عينة احد الجزيئات، ثم يسلط عليها شعاع سيني مركز، الامر الذي يؤدي الى حيود الاشعة السينية في نمط يخضع لعملية تحليل يقوم بها جهاز الحاسوب، والذي يقوم بدوره بتكوين صورة لكثافة الالكترون واظهار موضع الكترونات البلورة. وفي حال حامض مثل حامض الـDNA (الحامض النووي منقوص الاوكسجين)، يمكن تصوير موضع الاحماض الامينية وروابطها. يبين الشكل ( 5–4) اواصر قواعد حامض الـDNA.**

**تتحدد مواضع الذرات خلال جزء من الانكستروم (اي ما يعادل $10^8$سم). وحسب كيفية تشكيل البلورات، يمكن ملاحظة بعض الفروق في التركيب حين يصبح البروتين في بيئة سائلة، كأن يكون داخل سايتوبلازم الخلية.**




الشكل(5–4):تصوير مواضع الاحماض الامينية عن طريق تصوير البلورات بالاشعة السينية.

## 7-5 التصوير بالمجهر الالكتروني

**Photography by Electronic Microscope**

ان الوظيفة الرئيسية للمجهر الالكتروني تتمثل في تحديد التركيب او البنية الكلية للجزيئات الحيوية. فاذا بلغ متوسط درجة دقة الوضوح لهذا المجهر حوالي 2نانومتر، تمكن العلماء من رؤية الشكل الكلي للجزيئات الحيوية، لا الذرات المنفردة. يستخدم العلماء المجهر الالكتروني الماسح (SEM) والمجهر الالكتروني النافذ (TEM) معاً للتوصل الى التركيب المعقد للجزيئات الحيوية النانوية متناهية الصغر.

اذا استعنا بتفاصيل الصور التي التقطها المجهر الالكتروني بالاضافة الى الخصائص ثلاثية الابعاد التي تظهر نتيجة تصوير البلورات بالاشعة السينية، لأمكننا بذلك الاعتماد على المحاكاة التي يصنعها الحاسوب لتحليل وبناء التركيب الذري للجزيئات المعقدة الكبيرة.

## 8-5 تصوير انابيب الكاربون النانوية وحيدة الطبقة

**Photography Nano Carbon Tube Single Layer**

تقوم جامعة " رايس" الامريكية بمحاولة التوصل الى وسائل جديدة لتخليق جسيمات نانوية حيوية وتنقيتها وتحليلها، وذلك من خلال الجهود التي يقوم بها المركز الحيوي والبيئي للتقنية النانوية او Center for (Biological and) Environmental Nanotechnology والذي يشار اليه اختصارا باسم (CBEN). التنظير الطيفي هو تحليل العنصر عن

**طريق دراسة كيفية تفاعل ضوء ذي عدة أطوال موجية مع هذا العنصر. ويسمى التحليل الناتج بالطيف.**

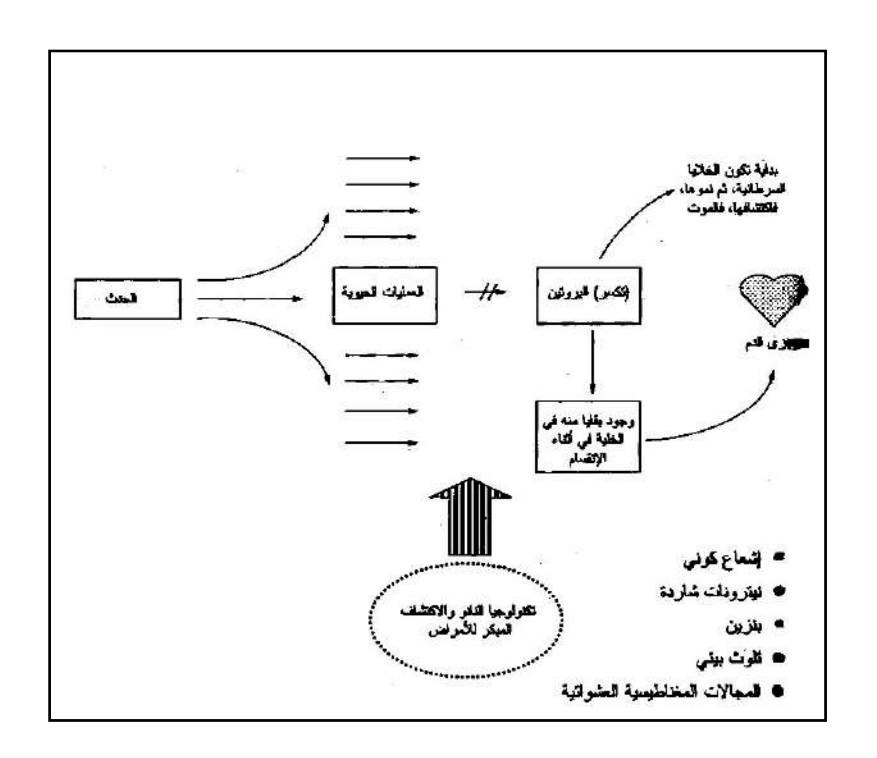
**سوف تسهل الانابيب الكاربونية النانوية وحيدة الطبقة امكانية تصوير البيئات الحيوية، بيد ان هناك صعوبة فنية لابد من التخلص منها اولا. فعندما يتم تخليق الأنابيب الكاربونية النانوية داخل المختبر، تنتج عدة انابيب مختلفة في الوقت نفسه.**

**لذلك، يجب تحديد نوعية هذه الانابيب، وتخليقها بصورة انتقائية، وفصلها بعد عملية تخليقها الاولى كي تكون مفيدة بالنسبة للتطبيقات الحيوية.**

**لقد اجريت في جامعة " رايس" أولى دراسات التحليل الطيفي (او امتصاص الاطوال الموجية) للأنابيب النانوية في وسط حيوي. وهذا يمثل اهمية كبيرة لتحديد اي الانابيب تصلح لتطبيقها في مجال معين. ونجح العلماء في تجميع بيانات عن طاقات 33 نوعاً مختلفاً من انابيب الكاربون النانوية وحيدة الطبقة شبه الموصلة. كما ان القدرة على تمييز انواع الانابيب الكاربونية سيجعل التصوير الطيفي البصري افضل الوسائل لتنقية عينات الانابيب الكاربونية وتحليلها هذا غير ان ذلك سيساعد العلماء على تخليق انابيب الكاربون النانوية بشكل افضل ومتطور لاستخدامها في حالة تصوير العينات الحيوية، وسيتيح كذلك الفرصة للتعرف بدقة على نوع كل انبوب على حدة في العينة.**

إن واحدة من اهم السمات في مجال بحوث التقنية النانوية الحيوية تتمثل في القدرة على الرصد الدقيق والتدخل الحيوي. تساعد التقنية النانوية على تحديد الطفرات والتغيرات، بداية من اصابة البروتين بالتلف وانتهاء بآثاره اللاحقة على الخلايا والانظمة الحيوية المتعددة، ويوضح الشكل (5−5) كيفية الكشف عن التلف الذي قد يصيب البروتين في المراحل المختلفة لاحدى العمليات الحيوية.

استطاع العلماء في المركز الحيوي والبيئي للتقنية النانوية تصوير انابيب نانوية بالخلايا البلعمية ( Macrophage cells) وهي خلايا لها استجابة مناعية للامراض الموجودة داخل بلاعم احد الفئران. ولاحظوا ان الفأر لا تتأثر بانابيب الكاربون المخلقة صناعيا في المختبر ( In vitro)، على الرغم من ان تفلور (تألق) الانابيب النانوية لم يزل مرئياً في البلاعم. ان اكتشاف انابيب الكاربون النانوية وحيدة الطبقة سيمهد الطريق امام العلماء لاكتشاف تفاعلات انابيب نانوية داخل الخلايا الحية، بل وقد يمثل نقطة الانطلاق امام عوامل التباين والتفلور الحيوي في المستقبل .




**الشكل(5-5): الاكتشاف المبكر للتلف او الامراض التي قد تصيب الخلايا بمساعدة التقنية النانوية.**

**يقصد بمصطلح ( In vivo) اجراء التجارب في بيئة حيوية طبيعية داخل جسم الكائن الحي نفسه. اما ( In vitro) او في المختبر، فيقصد به اجراؤها في بيئة صناعية خارج جسم الكائن الحي (كأنابيب الاختبار مثلا).**

## 9-5 المتحسسات النانوية الحيوية

## Bio Nano Sensors

استخدم العلماء المتحسسات الحيوية العادية في العديد من التطبيقات كالرعاية الصحية والمحافظة على البيئة واكتشاف العقاقير الجديدة ومعالجة الاغذية وانتاج مستحضرات التجميل والصناعات الكيميائية والوقاية من الارهاب الحيوي ومراقبة وضبط العمليات الحيوية.

**صممت المتحسسات النانوية الحيوية لاستشعار اشارات حيوية معينة وذلك عن طريق اصدار اشارات الكترونية رقمية مصحوبة بمركب كيميائي او حيوي معين. وقد جعلت الوسائل الحديثة – مثل التصنيع باستخدام التقنية النانوية او الميكروية بالاضافة الى علوم الالكترونيات المتقدمة – انشاء المتحسسات الطبية الحيوية أمرا ممكنا. تتمتع هذه المتحسسات الحيوية المتقدمة بالقدرة على احداث الكثير من التغيرات المهمة في المجالات العلمية والدوائية والبيئية. كما يجري انشاء اجهزة القياس النانوية مثل متحسسات الكلوكوز للكشف عن مستوى السكر بالنسبة لمرضى السكر.**

**تمكن المتحسسات النانوية الحيوية العلماء من التعرف على المركبات الكيميائية السامة عند مستويات شديدة الانخفاض في المنتجات الصناعية او العناصر الكيميائية او عينات الماء او الهواء او التربة او في الانظمة الحيوية (كالبكتيريا او الفيروسات او الخلايا او الانسجة). كما تستطيع هذه المجسات اكتشاف المكونات المعقدة والتمييز بينها، وذلك عن طريق الاعتماد**

على علامات حيوية معينة (كالاصباغ على سبيل المثال) والرصد البصري واجهزة الحاسوب عالية الكفاءة.

تعمل معظم المتحسسات الحيوية عن طريق قياس تفاعلات عينة الاختبار باستخدام احدى المواد التي تساعد على تنشيط التفاعل الكيميائي عند تكوين المنتج. يلتقط المجس هذا التفاعل ويحوله الى اشارات كهربائية تعرض او تسجل على شاشة الحاسوب. يمكن تسجيل التفاعلات التي تتم اثناء العمليات الحيوية من خلال محولات الطاقة بعدة طرق مختلفة، كما هو موضح في الجدول ( 5-1). ويحدد نوع المجس المستخدم العملية الحيوية نفسها.

تعتبر الخصائص التالية بالغة الاهمية بالنسبة للمتحسسات النانوية الحيوية:

- القدرة على عزل عوامل حيوية معينة دون تداخل كبير.
- سرعة الاستجابة.
- التوافق الحيوي.
- الحجم النانوي.
- الحساسية البالغة.
- الدقة المتناهية.
- المتانة.

-التكلفة المنخفضة لاجراء الاختبارات العديدة والمختلفة على العينة الواحدة.

**الجدول (5-1): رصد التغيرات التي تطرأ على كل من مواد التفاعل والمواد الناتجة بعدة طرق مختلفة من خلال محول الطاقة في المتحسس الحيوي.**

| اسلوب محول الطاقة | نوع المتحسس الحيوي |
| --- | --- |
| امتصاص الحرارة او ناتج حراري | مسعري (خاص بقياس الحرارة) |
| تغيرات في توزيع الشحنات | خاص بقياس فرق الجهد |
| تحرك الالكترونات نتيجة تفاعل منقوص الاوكسجين | أمبيري (خاص بقياس التيار) |
| امتصاص الضوء او ناتج ضوئي | بصري |
| تأثير الكتلة | كهروضغطي |

ويجدر بالذكر ان تطور المتحسسات النانوية الحيوية لم يزل يواجه عدداً من العقبات قبل ان يشيع استخدامه في المختبرات والمستشفيات بجميع انحاء العالم. فبادئ ذي بدء، لابد من تقييم المجسات النانوية الحيوية بالنظر الى الوسائل السريرية الراهنة، اضافة الى تطوير تقنيات الهندسة االحيوية

والالكترونيات المتقدمة. على سبيل المثال، ان عدد المرات التي يمكن خلالها استخدام المتحسسات الحيوية في عملية ما محدود في اغلب الاحايين وذلك لتراكم البروتينات على الاسطح النشطة حيوياً.

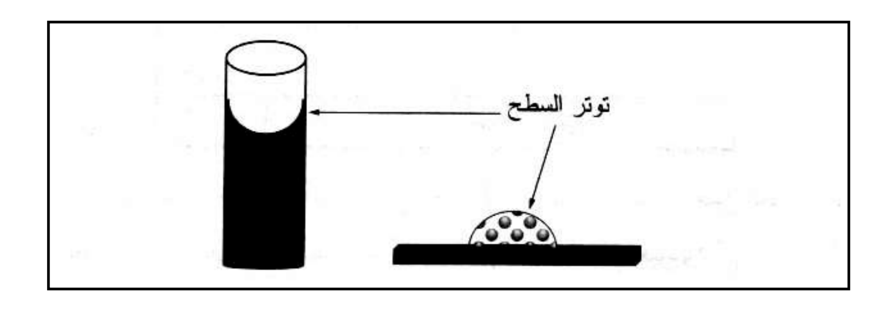
بعد ذلك، ينبغي الدمج بين الاسطح الالكترونية والحيوية وبين المواد اعتمادا على النظم المختلفة للحصول على درجة حساسية وانتقائية واستقرار عالية.

## 10-5 الشد السطحي واللزوجة والشحنة

**Surface Tension ,Viscosity and Charge**

تختلف الخصائص الاساسية للموائع (الاسطح الحيوية) عن الخصائص الاساسية للاجسام الصلبة (الانظمة اللاعضوية) عند المستوى النانوي او الجزيئي. وفي ذلك اهمية كبيرة بالنسبة للمواد النانوية الحيوية؛ إذ ان التفاعل بين الذرات والجزيئات يتأثر الى حد كبير بحجم الاجسام المحيطة الاكبر في الحجم. لهذا السبب، لابد من التعرف على طريقة التفاعل التي تتم في حدود البيئة المحيطة بالمجسات النانوية الحيوية اذا اردنا لها ان تعمل بشكل سليم.

يمكن ملاحظة ظاهرة الشد السطحي عندما تتساقط قطرات المطر فوق اوراق الشجر او فوق أسطح السيارات.




**الشكل(5−6): الشد السطحي للسوائل يحقق تجاذباً قوياً للجزيئات.**

**إن الشد السطحي كما مبين بالشكل( 5−6) ظاهرة تقوم بها الجزيئات للحفاظ على الطاقة المخزونة عن طريق تصغير مساحة السطح المعرضة للبيئة الخارجية المحيطة. ومثال على ذلك عندما تخرج من بيتك الدافئ الى جو قارس البرودة، فتضع يديك في جيبك وتشد معطفك على بدنك حفاظاً على طاقة جسمك المخزونة (حرارته)، فأنت بذلك تقلل من مساحة سطح الجسم المعرضة للهواء البارد.**

**يضع الباحثون الذين يعملون على تحريك الموائع عند المستوى الجزيئي (او جزيئاً بعد جزيء) مسألة الشد السطحي في الاعتبار. ويعتبر علماء الموائع الدقيقة والموائع النانوية من المجالات البحثية الجديدة التي تهتم بتحريك كميات متناهية الصغر من السوائل. ولكي تؤدي المجسات وغيرها من التطبيقات الطبية عملها بنجاح، يجب على العلماء وخبراء التقنية حل مشكلة وضع عينات من السوائل – مثل قطرة دم – تحت اجهزة الاختبار. فالموائع عند المستوى النانوي تتأثر بالشد السطحي الى حد كبير، كما انها لا تخضع لسيطرة العلماء بسهولة.**

**يقصد باللزوجة كل ما هو سميك وكثيف ويصعب التحرك خلاله او مزجه بغيره من المواد. ومثال على ذلك، عسل النحل والعسل الاسود والصلصة.**

**تعد اللزوجة سمة مهمة بالنسبة للطعام، الا انها تسبب مشاكل تقنية جمة عند المستوى النانوي. لهذا السبب، يراعي الباحثون الذين يصممون المتحسسات وغيرها من اجهزة الاختبار عنصر لزوجة العينات.**

**علاوة على ذلك، ترتبط اللزوجة بخاصية اخرى من خصائص الموائع تسمى بالتدفق الطبقي (Laminar Flow). فمثلا، اذا انسكب سائل ما من احدى العبوات – ولتكن زجاجة لبن – فستجد ان السائل المنسكب يمتد على مساحة كبيرة للغاية، فيمتد على مساحة سطح المائدة الى الحواف ويتساقط على الكراسي والارضية. من المعروف ان السائل يتمدد كثيرا نظرا للديناميكية التي تميزه، بالاضافة الى حدوث ظاهرة التدفق الطبقي.**

**يقصد بالتدفق الطبقي التدفق السلس والمتواصل للجزيئات المنفردة بأحد السوائل في اتجاه محدد.**

**يعتبر تدفق السائل ولزوجته من الاشياء المهمة التي يجب ان يلتفت اليها العلماء عند تصميم قنوات مجهرية تنتقل عبرها العينات من موضع العينة الى مجسات القياس او الاختبار. لذلك، فان تخثر السائل يعرقل هذه العملية.**

يتخطى المهندسون مشاكل اللزوجة والتدفق الطبقي عند المستوى النانوي عن طريق استخدام الكهرباء. فهم يستعينون بالخواص الكهربائية والتوصيل الكهربائي للعينة لتحريك جزيئات السائل في الاتجاه المراد.

تستغل الحركية الكهربائية الشحنات الكهربائية المارة بإحدى القنوات بالغة الصغر لتحريك الجزيئات في القناة في اتجاه معين.

ثمة طريقتان لاستخدام علم الحركية الكهربائية ( Electro kinetics) داخل المختبر. اولاً: استخدام الكهرباء لتحريك جزيئات العينة او فصلها بإمرار شحنة كهربائية عبر احدى القنوات وتسمى هذه الطريقة بالهجرة الكهربائية ( Electrophorses). توضع العينات الصبغية (كالبروتينات) فوق طبقة تحتية من الهلام ( Gel) ثم يمرر التيار الكهربائي. وبناء على الحجم وغيره من خصائص العينة، تتحرك الجزيئات اسفل الهلام بنسب مختلفة. ثم يقوم الباحثون بمقارنة الاماكن التي تستقر فيها اجزاء البروتين المختلفة للتوصل الى مكونات العينة.

ثانياً: يتم استخدام الانتشار الكهربائي ( Electro–osmosis) الذي يستغل الشحنة الكهربائية.

## 11-5 تصوير الموائع بالقوى الكهربائية

**Photography of Fluids by Electrical Forces**

توصل احد مختبرات المركز الحيوي والبيئي للتقنية النانوية الى طريقة تسمى التصوير بمجهر القوى الكهربائية للموائع (Fluid electrical force microscopy ) وذلك لقياس الشحنات المتناهية الصغر تطويرا للمجسات

**النانوية الحيوية، وهي طريقة تقوم على تصوير الشحنات الصغيرة في الجزيء الواحد. وقد استخدم العلماء هذه الطريقة في العديد من الانظمة الحيوية، بما في ذلك مراقبة الدهون في الاغشية الحيوية وتلك التي تتراكم في المناطق الهلامية او السائلة بالمركبات الغشائية.**

## 12-5 الاشارات الحيوية والمتحسسات

**Bio Signs and Sensors**

**ثمة تطور اخر بالنسبة للمجسات النانوية الحيوية وذلك في مجال طب الاسنان. فمن المعروف ان اللعاب ( Saliva) يفيد في تنظيف الفم وحماية الأسنان من التسوس، كما انه مؤشر عام على صحة الانسان البدنية. وقد ادرك العلماء منذ أمد طويل ان اللعاب يحتوي على كمية كبيرة من البروتينات والهرمونات والاجسام المضادة وغيرها من العناصر الجزيئية الاخرى. يتمثل النفع الكبير الذي يعود علينا من اختبارات اللعاب التشخيصية في انها اختبارات غير جراحية (اي لا تستلزم استخدام ادوات طبية كالحقن مثلا)؛ حيث انه من اليسير اخذ عينة من اللعاب دون ان يصاحب تلك العملية اي مخاطر او ضغوط او استخدام للوسائل الجراحية اللازمة عند اجراء اختبارات الدم.**

**اعتمد علماء جامعة " كاليفورنيا" الامريكية على المتحسسات الحيوية لقياس المستويات المرتفعة لاربعة من جزيئات الـ RNA (الحامض النووي الريبي) المصابة بالسرطان والموجودة باللعاب للتمييز بين الاصحاء والمصابين بسرطان الفم بدقة وصلت الى 91% . بهذه الطريقة الدقيقة، قد يأتي اليوم الذي نجد فيه عيادات الاسنان مزودة باجهزة تعتمد على تشخيص الامراض من خلال عينات اللعاب.**

وبالتالي، فان العديد من العلامات الحيوية للامراض الاخرى مثل سرطان الثدي والرحم والبنكرياس ومرض الزهايمر والايدز وسكر الدم وتخلخل العظام ( Osteoporosis) قد تسهل على الاطباء عملية التشخيص في المستقبل من خلال فحص عينات اللعاب.

ان اجراء التحاليل بدقة وضوح فائقة للاغشية الحيوية يجعل المجسات النانوية الحيوية اداة غاية في الاهمية وسط ادوات التقنية النانوية.

## 13-5 الشرائح الحيوية Bio Slides

في حالة مجس الـDNA، يستخدم جزيء الـ DNA المكون من شريط واحد لايجاد سلسلة مكملة وسط مجموعة من جزيئات الـ DNA الاخرى المكونة بدورها من شريط واحد. وقد طورت متحسسات حيوية جديدة تعتمد في عملها على مسابير الـDNA.

تتكون شريحة الـ DNA او الشريحة الحيوية من اتحاد عدة جزيئات DNA قصيرة بأحد الاسطح الصلبة. هذا الترتيب من شأنه ان يمكن الباحثين من تحليل آلاف الجينات في آن واحد. وتعتبر الشريحة الحيوية اداة مهمة للتعرف على الخريطة الوراثية وقياس انماط العلامات الحيوية للامراض وتحديد سلسلة نيوكليوتيدات الـ DNA والـ RNA في العينة الحيوية. واذا استطاعت التقنية النانوية انتاج الشرائح الحيوية، فسيعمل علماء الوراثة او الاطباء على اتخاذ اجراءات وقائية لحماية جسم الانسان من المرض قبل الاصابة به.

كانت التطبيقات السابقة بعض احدث الوسائل والاكتشافات التي توصل اليها العلماء في جميع انحاء العالم. وبذلك، نجد ان التقنية النانوية تجيب عن اسئلة دأب العلماء على طرحها منذ قرون طويلة مضت.

ان قدرة علم الاحياء النانوي ( Nano biology) في التأثير على الذرات والخلايا والاعضاء والبيئة كلها لصالح الانسان توفر للعلماء والاطباء فرصاً جديدة لتجنب الامراض والكوارث البيئية. فالامر أشبه برؤية الانسان للكائنات الحية الدقيقة تحت المجهر لاول مرة وادراكه ان هناك عالما جديدا في انتظار سبر أغواره. لقد صار لدينا اليوم وسائل مثل المتحسسات النانوية الحيوية (Bio nanosensors) وتصوير العينات الحيوية والشرائح الحيوية والتصوير بمجهر القوى الكهربائية للموائع، وكلها وسائل قد تساعد العلماء في تغيير الغد.

# الفصل السادس

# التقنية النانوية في الزراعة والغذاء

# التقنية النانوية في الزراعة والغذاء

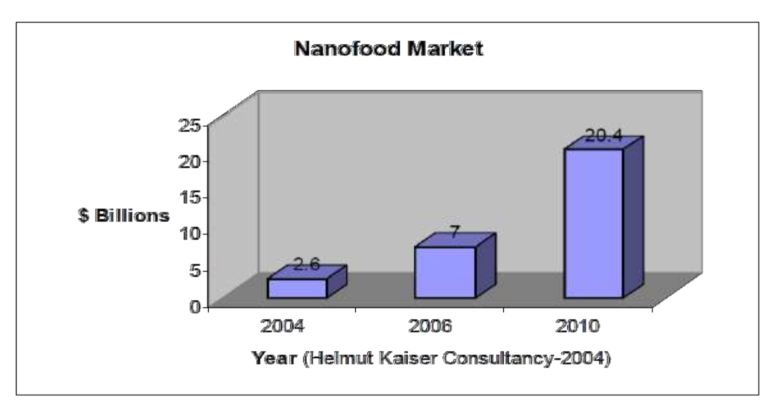
**Nanotechnology in Agriculture and Food**

## 1-6 التقنية النانوية في سوق الغذاء

**Nanotechnology in Food Market**

توصف التقنية النانوية كثورة صناعية جديدة، وتستثمر الاقطار المتطورة هذه التقنية لضمان حصة السوق. وجود مستوى التطور في البلدان قد يكون واطئً، وهذا لا يقلل من تأثير بعض البلدان في المرتبة العالمية، مثلاً السهم الصيني للتسويق الاكاديمي في علوم القياس النانوي والمواضيع الهندسية ارتفع من 7.5% في عام 1995 الى 18.3% في عام 2004، اخذاً البلد من الاربعين الى الثاني في العالم.

لحقت الهند وكوريا الجنوبية وايران وتايلند كذلك بالنظرة للتطبيقات الخاصة بالنمو الاقتصادي وحاجات بلدانهم، مثلاً: سلطت ايران الضوء على برامج في التقنية النانوية لصناعة الغذاء والصناعة الزراعية، حيث توقع الباحث (Helmuth Kaiser Consultancy) بان سوق الغذاء النانوي (Nanofood market) سيندفع من 2.6 بليون الى 20.4 بليون في عام 2010، الشكل (6-1). اكثر من 400 مجموعة حول العالم اليوم فعالة في بحوث التقنية النانوية، وهذا الرقم يتوقع زيادة الى اكثر من 1000 خلال السنوات العشرة القادمة.



World Nanofood market

**الشكل (6−1): سوق الغذاء النانوي العالمي.**

## 2-6 التقنية النانوية في الزراعة

**Nanotechnology in Agriculture**

**هنالك تحديات جديدة في قطاع الزراعة تتضمن تزايد الطلب لتوفير الصحة والطعام السليم والتقليل من خطر المرض وتهديدات الانتاج الزراعي وانتاج اسماك تلائم انماط الطقس المتغيرة. يعد الاقتصاد الحيوي المخلق عملية معقدة ومتحدية تتضمن تحول للفروع المختلفة للعلوم.**

**تمتلك التقنية النانوية الامكانية لنهضة الصناعة الغذائية والزراعية بادوات جديدة للمعاملة الجزيئية للامراض وكشف المرض سريعاً معززة قابلية النباتات لامتصاص المواد الغذائية (Nutrients). انظمة المتحسسات الذكية والانتقال الذكي ستساعد الصناعة الزراعية على قتل الكائنات المسببة لامراض (Pathogens) المحاصيلِ الاخرى.**

ستتوفر العوامل المساعدة ذات البنية النانوية ( Nanostructured) في المستقبل القريب والتي تزيد من كفاءة مبيدات الحشرات والاعشاب، والسماح باستخدام جرع اقل. ان التقنية النانوية ستحمي كذلك البيئة بشكل غير مباشر اثناء استخدام مجهزات الطاقة البديلة (القابلة للتجديد Renewable) والفلاتر، او العوامل المساعدة لتقليل التلوث والتخلص من الملوثات الموجودة.

استخدم علم المنهج الزراعي ( Agricultural methodology) بشكل واسع في امريكا ( USA) واوربا (Europe) واليابان (Japan) الذي يستخدم التقنية الحديثة بكفاءة لادارة المحاصيل ( Crop management) وهو ما يسمى بالسيطرة على البيئة الزراعية ( Controlled Environment Agriculture CEA) وهي شكل متقدم ومركز للزراعة المعتمدة على الزراعة المائية ( Hydroponically – based agriculture)، حيث تنمو النباتات داخل البيئة المسيطر عليها لتحسين الممارسات البستانية ( Horticultural practices). ويتم مراقبة النظام الحاسوبي وتنظيم البيئات الموقعية كحقول المحاصيل. تقنية ( CEA) الموجودة الان تزودنا بمراقبة جيدة لتقدم التقنية النانوية في الزراعة، وبالكثير من المراقبة وانظمة السيطرة في المكان فان وسائل التقنية النانوية لتقنية (CEA) ستزودنا بقابلية الكشف لتحسين النمو بشكل هائل وتقدير الزمن الافضل لحصاد المحاصيل ( Harvest for the crop) وحيوية المحاصيل (Vitality of the crop) وقضايا سلامة الغذاء ( Food security issues) من الملوثات الجرثومية والكيميائية.

## 3-6 الفلاحة الدقيقة Precision Farming

كانت الفلاحة الدقيقة هدفاً مطلوباً لمدة طويلة لزيادة الانتاج (أي ناتج المحاصيل Crop yield ) مع تَقليل المساهمةِ (اي المخصّبات، مبيدات حشرات، مبيدات أعشاب، الخ) من خلال مراقبة المتغيّرات البيئية.

تستعمل الفلاحة الدقيقة الحاسبات وانظمة القمر الصناعي العالمي وأدوات التحسس عن بعدِ لقياس الظروف البيئيةُ الموقعية إلى حدٍ كبير، وذلك لتقرير نمو المحاصيلَ بالكفاءة القصوى أَو تمييز الطبيعةَ بدقة وتحديد موقعَ المشاكلِ.

لتَخفيض تكاليفِ الإنتاجِ وزيادةِ إنتاج المزارع يتم استعمال البيانات المُركزة لتَقْدير ظروف التربةِ وتطور المزروعات والبذور والمخصبات والمواد الكيميائية والماء. تساعد الفلاحة الدقيقة أيضاً في تَخفيض الفضلات الزراعية وهكذا يَبقي التلوث البيئي بأدنى مستوى. بالرغم من عدم تطبيق ذلك بالكامل، الا ان المتحسّسات وأنظمة المراقبة الصغيرة جداً ستمتلك بالتقنية النانوية تأثيراً كبيراً على منهجياتِ الفلاحة الدقيقةِ المستقبليةِ.

إحدى الأدوارِ الرئيسيةِ للوسائل المُمَكَّنة في التقنية النانوية سَتَكُونُ الإستعمالَ المتزايدَ للمتحسّسات المستقلة ذاتياً المرتبطة بنظام ( GPS) للمراقبة الفوريةِ. هذه المتحسسات النانوية ( Nanosensors) يُمْكِنُ أَنْ تُوزّعَ في كافة أنحاء الحقلِ بحيث يُمْكِنُها أَنْ تراقب ظروف التربة ونمو المحاصيل. ان المتحسّسات اللاسلكية تُستَعمل في بَعْض الاماكن من الولايات المتحدة الأمريكية وأستراليا. على سبيل المثال، نصبت أحدى مزارعِ العنب

الكاليفورنيةِ (Pickberry) في مقاطعة (Sonoma) أنظمة بمساعدة شركة تقنية المعلومات (Accenture IT) ، والكلفةَ الأوليةَ لبَدْء مثل هذه النظام مُبَرَّرُ مِن قِبل الحقيقة بأنّ يُمكّنُ ان ينمو أفضل العنبِ الذي ينتج افضل نبيذَ بعد ذلك، والذي سيضمن سعر ممتاز. إنّ إستعمالَ مثل هذه الشبكات اللاسلكية بالطبع لَيسَ مقّيدَ إلى مزارعِ العنب، على سبيل المثال، ذكرت مجلة فوربز (Forbes Magazine) بان المتحسسات النانوية الصغيرة استُعملت من قبل ( Honeywell) لمُرَاقَبَة مخازنِ البقالة في مينيسوتا (Minnesota). هذه التقنيةِ تُمكّنُ أصحابَ الدكاكين من التَمييز بين المواد الغذائية التي عَبر تأريخ نفاذها.

إتحاد التقنية الحيويةِ والتقنية النانوية في المتحسّساتِ سَتَخْلقُ أجهزةَ الحسّاسية المتزايدة والتي تَسْمحُ بالتحسس المسبقِ للتغييراتِ البيئيةِ. على سبيل المثال:

1- المتحسسات النانوية ( Nanosensors) تستعملُ انابيب الكاربون النانوية ( Nanotubes) أَو الكابولات النانوية ( Nano – cantilevers) الصغيرة لحَصْر وقياس البروتينات الفريدة أَو حتى الجزيئاتِ الصغيرة.

2- الجسيمات النانوية ( Nanoparticles) أَو السطوح النانوية (Nanosurfaces) تهندس لتعطي اشارة كهربائيةِ أَو كيميائيةِ في حالة وجود أي ملوث مثل البكتيريا.

3- متحسسات نانوية اخرى تعمل بواسطة تجميد تفاعل الانزيم (Enzymatic) أَو بإستعمال الجزيئات المتفرعة ذات الهندسة النانوية ( Nanoengineered) المسماة الديندرماير (Dendrimers) كمَسابر الرَبْط لإسْتِهْداف المواد الكيمياويةِ والبروتين.

وفي النهاية، ان الفلاحة الدقيقة بمساعدة متحسّسات ذكية ستسْمحُ بتحسين معدل إلانتاج في الزراعةِ بتَزويد المعلوماتِ الدقيقةِ، ومُسَاعَدَة المزارعين لاتخاذ القرارات الأفضل.

## 4-6 انظمة التنقل الذكية Smart Delivery Systems

زاد إستعمال مبيداتِ الحشرات في النصف الثاني من القرنِ العشرونِ مَع (DDT) واصبحت أكثر فاعليةِ وواسعة الإنتشارِ في كافة أنحاء العالم. على أية حال، فان العديد مِنْ مبيدات الحشرات هذه، بضمن ذلك ( DDT) وُجِدتَ لاحقاً انها سامة جداً للانسان والحيوان والصحة كناتج للأنظمة البيئية.

ان وسائل القياس النانوي في المستقبلِ,مع الخواص المبتكرةِ يُمْكِنُ أَنْ تُستَعملُ لجَعْل الانظمة الزراعية ذكية (Smart). على سبيل المثال، الوسائل المستعملة لتَمييز قضايا صحةِ النباتِ قبل ان تصبحُ مرئية للمزارعِ. مثل هذه الوسائل قَدْ تَكُون قادرة على الاستجابة لمختلفِ الحالات لأَخْذ العملِ العلاجيِ الملائمِ. وإنْ لمْ يكن، فسَيُنْذرونَ المزارعَ إلى المشكلة. بهذه الطريقة، فان الوسائل الذكية ستعمل كنظام وقائي ونظام إنذار مبكّر. مثل هذه الوسائل يُمْكِنُ أَنْ تُستَعملُ لتَسليم المواد الكيمياويةِ في إسلوب مسيطر عليه ومقيد

**بالطّريقة نفسها كالطب النانوي ( Nanomedicine) الذي يمتلك النتائجُ لتوزيعِ العقاقير في البشرِ.**

**لقد تَطَوّر الطب النانوي وبدأ الانُ بالسَماح لنا بمُعَالَجَة أمراضِ مختلفةٍ كالسرطان في الحيواناتِ بالدقّةِ العاليةِ، وتوجيه التوزيع (الى الأنسجةِ المعيّنةِ والأعضاء) بنجاح عالي.**

**ان التقنيات مثل التغليف ( Encapsulation) وطرق إلاطلاقِ المسيطر عليهاِ، تعد ثوّرَة لإستعمال مبيداتِ الحشرات ومبيداتِ الأعشاب. عمل العديد مِنْ الشركاتِ بعض الصياغاتَ التي تَحتوي الدقائق النانوية ضمن 100-250 نانومتر والقادرة على الذوبان في الماءِ بتأثير اكثر مِنْ غيرها. إستخدمتْ الشركاتِ الآخرى عوالق دقائق نانوية القياس (مستحلبات نانوية Nanoemulsions)، والتي يُمكنُ أَنْ تكُونَ ذات اساس مائي أَو نفطي يحتوي عوالق موحّدة للدقائق النانوية للمبيد الحشري (Pesticidal) أَو لمبيد الاعشاب (Herbicidal) في مدى 200 -400 نانومتر.**

**ومُمْكِنُ أَنْ تُدْمَجَ هذه الدقائق بسهولة في الاطوار المُخْتَلِفةِ مثل الهلامِ والكريمات والسوائل ..الخ، ولَهُا تطبيقاتُ متعدّدةُ للإجراءاتِ الوقائيةِ أو معالجةِ أَو حفظِ المُنتَج المَحْصُود.**

**إحدى شركات الكيمياويات الزراعية ( Agrochemical) الأكبر في العالم، تستعملُ المستحلبات النانوية ( Nanoemulsions) في انتاج مبيد الحشرات، أحد نموها الناجحِ الذي يُنظّمُ المُنتَجاتَ هومنظم نمو النباتات (Primo MAXX).**

وإذا استعملت هذه المستحلبات قبل بدايةِ الإجهادِ مثل الحرارةِ والجفاف والمرض يُمْكِنُ أَنْ تقوّي التركيبَ الطبيعيَ للـ ( Turfgrass)، ويَسْمح له بمُقَاوَمَة الإجهاد المستمر في كافة أنحاء فصلِ النَمُو. انتجت الشركة ايضاً مُنتَجَاً مُغَلَّفَاً آخرَ ينقل طيف سيطرةِ واسعِ للحشرةِ الأساسيةِ والثانويةِ مِنْ القطنِ والرزّ والفستق وحبّ الصويا. اطلق سوق (Karate® ZEON) منتجاً ذي غلاف مايكروي ( Microencapsulated) يَحتوي مُركّباً نشيطاً (Lambda – cyhalothrin) وهو مبيد حشرات مخلق مستند على بنية البايرثرين (Pyrethrins) الطبيعي الذي يفتح اوصاله عند ملامسة الأوراق. على النقيض من ذلك، فان المُنتَجَ المُغَلَّفَ (Gutbuster) يفتح اوصاله فقط لإصْدارمحتوياته عندما يلامس بيئاتِ قلويةِ، مثل معدةِ بَعْض الحشراتِ (Stomach of certain insects).

في مناطقِ أخرى، عمل العلماء على التقنياتِ المُخْتَلِفةِ لجَعْل انظمة نقل المخصّبِ ومبيدِ الحشرات يُمْكِنُ أَنْ تستجيب للتغييراتِ البيئيةِ. إنّ الهدفَ النهائيَ هو نسج هذه المُنتَجاتِ بطريقة بحيث تصدر شحنَاتهم بطريقةٍ مسيطر عليها (ببطئ أَو بسرعة) ردّاً على الإشاراتِ المختلفةِ ومثال على ذلكِ: الحقول المغناطيسية ( Magnetic fields) والحرارة والأشعة فوق السمعية (Ultrasound) والرطوبة (Moisture)... الخ.

يُهدّفُ البحثُ الجديدُ أيضاً الى جَعْل النباتاتِ تَستعملُ ماءاً ومبيداتَ حشرات ومخصّباتَ بشكل كفوْ أكثرَ، لتَخفيض التلوثِ ولجَعْلها ملائمة للبيئةِ الزراعيةَ الأكثرَ. هنالك شركات تستخدم التقنية النانوية في أنظمةِ مراقبة صحةِ النباتِ الكاملةِ في السنين العشرة التالية.

## 5-6 تطورات اخرى في القطاع الزراعي معزاة الى التقنية النانوية

**Other Developments in the Agricultural Aector due to Nanotechnology**

**الزراعة هي العمود الفقري لكثير من الدول الناميةِ، وأكثر مِنْ 60 % من السكان متّكلة عليها لإعالتِهم. بالإضافة إلى تَطوير الأنظمةِ المُحسَّنةِ لمراقبة الظروفِ البيئيةِ ونقل المواد المغذّيةَ أَو مبيداتَ الحشرات كما هو مُلائم. والتقنية النانوية يُمْكِنُ أَنْ تُحسّنَ فَهْمنا عن عِلْمِ أحياء المحاصيلِ المختلفة، وهكذا تُحسّنُ المحاصيلُ فعلاً أَو القِيَمُة الغذّائيةُ. بالإضافة الى ما يُمْكِنُ أَنْ يَعْرضَ من الطرقَ لاضافةِ قيمة للمحاصيل أَو للمعالجةِ البيئيةِ.**

**الزراعة الجزئيةِ احد الامثلة التي تُنتجُ جسيمات نانوية (Nanoparticles) للإستعمالِ الصناعيِ مِن قِبل النباتات المتكاثرة في التُرَبِ المُعَروَّفةِ. على سبيل المثال، بين البحثَ بأنّ البرسيمِ ( Alfalfa) يَزْرعُ نامياً في التربة الخصبةِ الغنية بالذهب، حيث تَمتصُّ جسيمات الذهب النانوية خلال الجذور وتتُجمّعُ في الأنسجة. والجسيمات النانوية هذه يُمْكِنُ أَنْ تُفْصَلَ ميكانيكياً مِنْ نسيجِ النباتَ.**

**يُمْكِنُ أيضاً أَنْ تُستَعملُ التقنية النانوية لتَنظيف المياه الجوفيّةِ. تستخدم احدى الشركات ( 2 نانومتر) قطراً من الالياف النانوية (Nanfibres) لأوكسيدِ ألمنيومِ ( NanoCerama) كمنقي ( Purifier) للماء. صنعت المرشحات مِنْ هذه الأليافِ بحيث يُمْكِنُ أَنْ تُزيلَ الفيروساتَ والبكتيريا وافرازات الحيوانات البدائية ( Protozoan cysts) مِنْ الماءِ.**

مشاريع مشابهة تَحْدثُ في مكان آخر، خصوصاً في الدول الناميةِ مثل الهند وجنوب أفريقيا. مجموعة العملِ الكيميائيةِ الألمانيةِ ( BASF) المستقبلية، كرّسَت النسبة الهامّة لـ 150 مليون ( USD) لبحوث التقنية النانوية في تقنيات تنقيةِ المياه. كما طوّرتْ شركة المرافق العامةُ الفرنسيةُ ( Generale des Eaux) أيضاً تقنية المرشحات النانوية ( Nanofiltration) الخاصة بالتعاونِ مع (Dow Chemical subsidiary Filmtec).

نصبت وحدة ماء كتل السويس الفرنسية ( Ondeo) ما يَدْعى بنظام الترشيح الفائق ( Ultrafiltration)، بفتحاتِ 0.1 ميكرونِ حجماً في أحد نباتاتِه خارج باريس، بينما تعمل بَعْض الشركاتِ على ترشيحِ الماءِ، وآخرون مثل ( Altairnano) على متابعة طرق التنقيةِ. يَتضمن الفحص النانوي لالتايرنانو ( Altairnano`s Nanocheck) جسيمات نانوية للانثانيوم (Lanthanum) الذي يَمتصُّ الفوسفاتَ مِنْ البيئاتِ المائيةِ. ينطبق هذا في البركِ وبرك السباحة للازالة الفعالة للفوسفاتَ الموجودَ عملياً وبذلك تَمْنعُ متابعة الحصاد ونمو الطحالب.

ربما يفيد هذا المُنتَجِ بِرَكَ السمك التجاريةَ التي تصرفْ كمياتَ ضخمةَ مِنْ المالِ لإزالة الطحالبِ.

## 6-6 التقنية النانوية في صناعة الاغذية

**Nanotechnology in the Food Industry**

**تأثير التقنية النانوية في صناعة المواد الغذائيةِ أَصْبَحَ أكثرَ ظاهرية خلال البِضْع سَنَواتِ الماضية من خلال تنظيم المؤتمراتِ المُخْتَلِفةِ التي كرّستْ لهذا الموضوعِ، وانشأت إتحادات مالية للغذاءِ الأفضلِ والآمنِ، سويّة مع التغطيةِ المتزايدةِ في أجهزةِ الإعلام. عِدّة شركات كَانتْ متردّدة بشأن كَشْف بحثِهم الذي يُبرمجُ في الغذاء النانوي ( Nanofood)، وظَهرت علانيةً لإعْلان الخططِ الآن لتَحسين المُنتَجاتِ الحاليةِ وتطوّيرُ إبْقاء هيمنةِ السوقِ. وأنواع التطبيقِ هذا تَتضمّنُ: التغليف الذكي ( Smart packaging)، المواد الحافظة ( Preservatives) عند الطلب، والأطعمة الفعالة. بناء مفهومِ الغذاءِ "عند الطلبِ"، هي فكرةَ الغذاءِ الفعال الذي يَسْمحَ للمستهلكين بتَعديل إعتِماد الغذاءِ للحاجات أَو الأذواق المغذّية. إنّ مفهومَ التغليف النانوي (Nanocapsules) يحتوي على نكهة أَو لون معززة، أَو عناصر مغذية إضافية (مثل الفيتاميناتِ)، وسيَبْقى خاملاً في الغذاءِ ويَكُونُ مُصدَر للمستهلكِ فقط.**

**إنّ تعريفَ الغذاء النانوي (Nanofood) هو الادوات المستعملة أثناء زراعة وإنتاج ومعالجة أَو تغليف الغذاءِ. وهو لا يَعْني الغذاء أَو الغذاء المُعَدَّل المنتج بالمكائن النانوية ( Nanomachines). بالرغم من أن هناك أفكار طموحة لخَلْق إستعمال الغذاءِ الجزيئيِ باستخدام المكائن النانوية، الا ان هذا غير واقعيُ في المستقبلِ المنظورِ.**

بدلاً مِن ذلك، فان التقنيين النانويين (Nanotechnologists) أكثر تفائلاً بشأن الإمكانيةِ لتَغيير نظام تحضيرِ الطعام ولضمان أمانِ المنتجات الغذائية وخَلْق غذاء صحّي، وهم متفائلون أيضاً بتَحسين النوعيةِ المغذّيةِ للغذاءِ من خلال الاضافات المختارةِ، بحيث يَهْضمُ الجسم ويَمتصُّ الغذاء. بالرغم من أن البعضِ يروا ان هذه الأهدافِ بعيدة، تنَدْمجُ صناعةَ تغليف الغذاءِ مع التقنية النانوية في الانتاج.

## 7-6 التغليف وسلامة الاغذية

**Packaging and Food Safety**

ان نمو التغليف الذكي لتَحسين حياةِ المُنتَجِ كَانَ هدفَ الكثيرِ من الشركات. أنظمةِ التغليف هذه ستَكُونُ قادرةِ على تَصليح مجاري الثقوب الصغيرة ( Small holes/tears)، وما يَرْدُّ عليها من الظروف البيئية (ومثال على ذلك: - تغييرات الرطوبةَ ودرجةَ الحرارة)، ويُنذرُ الزبونَ إذا كان الغذاءِ ملوثُاً. يُمْكِنُ أَنْ تُزوّدنا التقنية النانويةَ بالحلولَ لهذه المسألة، على سبيل المثال تَعديل سلوكِ النفاذ (Permeation) لأوراقِ القصدير يحسن من الخواص الميكانيكية ( Mechanical) والحرارية ( Thermal) والكيميائية (Chemical)، والجرثومية (Microbial)، ويحسّنُ خواص المقاومةِ للحرارةِ، ويطور نشاط السطوحُ ضد الجراثيم والفطرياتُ، ويتَحسُّس لتغير الإشارة الحيوية الميكروية ( Microbiological) والكيمياوية الحيوية (Biochemical).

طور الباحثون في جامعةِ ( Rutgers) في الولايات المتّحدةِ لساناً الكترونياً ( Electronic tongue) للتغليف، حيث يَشْملُ اصطَفاف

**المتحسسات النانوية ( Nanosensors) الحسّاسة جداً للغازاتِ المنطلقة بواسطة الغذاءِ، يُسبّبُ شريطَ المتحسّسَ هذا تغيير اللون كنتيجة، وإعْطاء إشارة مرئية واضحة للغذاءِ ان كان طازجاً او لا.**

**طوّرتْ لدائن باير ( Bayer Polymers) وهي طبقة تغليف (Durethan KU2-2601) ، وتكون أخفُ واقوى واكثر مقاومة للحرارة مِنْ تلك التي في السوق حالياً. الغرض الرئيسي من طبقةِ تغليف الغذاءِ هو مَنْعَ المحتويات من الجفاف ولحِمايتها مِنْ الرطوبة والأوكسجين. إنّ الطبقة الجديدةَ هي نظام هجين ( Hybrid system) غني بالعدد الهائل من الجسيمات النانوية السليكاتية ( Silicate nanoparticles). وهذا ما يُخفّضُ دخولَ الأوكسجينِ والغازات الأخرى بشكل كبير، وخروج الرطوبةِ وهكذا يَمْنعُ فساد الغذاء. تستعمل مصانع البيرة قناني لدائنية مثالية لتعبئة البيرةِ، لانها أخف مِنْ الزجاجِ و أرخص مِنْ العلبِ المعدنيةِ.**

**على أية حال، فان الكحول في البيرةِ يتفاعل مع اللدائن المستعملة للقناني، ويُقصّرُ عمرها بشدَّة. جهزت مجموعة من الشركات مادة متراكبة نانوية (Nanocomposite) تَحتوي على جسيمات نانوية للطين ( Clay nanoparticles)، مسماة (Imperm). إنّ القنينةَ الناتجةَ أخف وأقوى مِنْ الزجاجِ وأقل احتمالاً للكسر. بنية المادة المتراكبة تُقلّلُ خسارةُ ثاني أوكسيد الكاربونِ مِنْ البيرةِ ودخولِ الأوكسجينِ إلى القنينةِ، وإبْقاء البيرةِ اكثر عذوبة وتعطيها عمراً الى حد ستّة شهورٍ. بنيت التقنيةَ من قبل عِدّة شركات في قناني البيرةِ اللدائنية الهندسية والتي تنْدَمجُ مع المواد المتراكبة النانوية لتَعطي عمراً طويلاً يمتد بحدود 26 إسبوعِاً. إنّ نايلون 6 (Nylon 6)، الدرع**

**(Aegis)، وهو طبقة حاجزة ببنيةِ ذات ثلاث طبقاتِ تستعملَ منذ 2003 بـ 1.6 لتر من قنينة البيرةِ. في إستراتيجية مختلفة، طورت احدى الشركات طبقات ضد الجراثيم ( Antimicrobial films) لَها القدرةُ على إمْتِصاص الأوكسجينِ مِنْ محتويات المغلفِ، وهذا ما يعرقل تلف الغذاءِ.**

**المنظمات الأخرى تَنْظرُ إلى طرقِ التقنية النانوية التي يُمْكِنُ أَنْ تَعْرِضَ التحسيناتَ في الحسّاسية أَو سهولة في كشف تلوّث الغذاءِ. على سبيل المثال، طورت احدى الشركات رذاذٌ كشفِ المضيئات الحيوية الضوئية (NanoBioluminescence) الذي يَحتوي على بروتين مضيئ (Luminescent protein) يرتبط بسطحِ الجراثيمِ مثل السالمونيلا (Salmonella) و(E. coli). وعندما تتأصر تبعث وهجاً مرئياً وبذلك تَسْمحُ للكشفِ السهلِ عن الغذاءِ الملوثِ أَو المشروبات. حدة التوهج الأكثر تعني التلوث الجرثومي الأعلى.**

**تُهدّفُ احدى الشركات الى تصميم تقنيات الرذاذِ الجديدةِ لتطبق في سفن الشحنِ في المحيطِ بالإضافة إلى مُحَارَبَة الإرهاب الحيوي (Bioterrorism).**

**في إستراتيجية مماثلة لضمان سلامةِ الأغذية، طور باحثون أوروبيون في مشروعِ الغذاءِ الجيد متحسسات نانوية قادرة على كشف المواد الكيمياويةِ والأسباب المرضية ( Pathogens) والسمومِ ( Toxins) في الغذاءِ. هذا الاكتشاف يحتاج الى إرْسال العيناتِ إلى المختبراتِ التي تسمح بتحليل الغذاءِ للأمانِ والنوعيةِ في المزرعةِ والمسلخ وأثناء النقلِ والمعالجة أَو في النباتِ. إنّ المشروعَ طوّرُ أيضاً الوسائل باستعمال السفن الحيوية للحامض النووي**

منقوص الاوكسجين (DNA biochips ) لإكتِشاف الأسباب المرضية، تطبق هذه التقنية أيضاً لتَقْرير وجود الأنواعِ المختلفةِ من البكتيريا الضارّةِ في اللحمِ أَو السمكِ، أَو الفطر والمؤثرة على الفاكهةِ. يخطط المشروع أيضاً لتَطوير متحسّساتِ المصفوفات الميكروية ( Microarray) التي يمكن أن تُستَعملَ لتَمييز مبيداتِ الحشرات على الفاكهةِ والخضارِ بالإضافة إلى تلك التي سَتُراقبُ الظروف البيئيةَ في المزرعة.

## 8-6 تحضير الطعام Food Processing

بالأضافة إلى التغليف، عملت التقنية النانوية على تطويرِ وظيفة او فعالية الغذاء، الذي يستجيب لمتطلباتِ الجسمَ ويُمْكِنُ أَنْ ينقل المواد المغذّية بشكل اكثر كفاءة. مجموعة بحوثِ مُخْتَلِفةِ تَعْملُ أيضاً لتَطوير جديدِ لاطعمة " على الطلب "، التي سَتَبْقى خاملة في الجسمِ وتُنقل المواد المغذّيةَ إلى الخلايا عندما يكون ذلك مطلوباً. العنصر الرئيسي في هذا القطاعِ هو تطوير التغليف النانوي ( Nanocapsules) الذي يُمكنُ أَنْ يتحد بالغذاءِ لنقل المواد المغذّيةِ.

التَطَوّرات الأخرى في تحضيرِ الطعام تَتَضمّنُ إضافة الدقائق النانوية إلى الأطعمةِ الحاليةِ لزيادة امكانية امتصاصِ المواد المغذّيةِ. نجحت إحدى المخابزِ القياديةِ في غرب أستراليا في دمج التغليف النانوي الذي يَحتوي على زيتَ سمك التونا (مصدر احماض شحمية ثلاثية من نوع اوميكا Omega ) في المنتج الاكثر بيعاً "Tip–Top" فوق الخبزِ. صمّمُ التغليف النانوي للفتح فقط عندما يصل الى المعدةُ، وهكذا يَتفادى الطعمَ غير المرغوب لزيتِ السمك.

تستعمل احدى الشركات بنى ذاتية التجمع سائلةَ بحجمَ النانو( Nano) وتقنية( NSSL) لنقل المواد المغذّيةِ في جسيمات نانوية الحجم (Nanosized particles) الى الخلايا. والجسيمات التي تكون ايوناً رغوياً (Micelles) موسّع هي عبارة عن تجاويف دائرية مصنوعة من الدهونِ بداخلهاِ ماء بقطر 30 نانومتراً تقريباً، والمادّة المغذّية أَو(Nutraceuticals) موجودة ضمن التجويف المائي.

تندمج المادة المغذية ( Nutraceuticals) في الناقلات المتضمنة اللايكوبين ( Lycopene) وبيتا كاروتين ( Beta-carotene) واللوتين (Lutein) و فايتوستيرول (Phytosterols) و(CoQ 10) و( DHA / EPA).

تَسْمحُ جزيئاتُ المادة المغذية ( Nutraceuticals) هذه للمركّباتِ بدُخُول مجرىِ الدمّ مِنْ الوترِ بسهولة أكثرِ، وحسب توفرها الحيوي (Bioavailability). إستعملتْ التقنية النانوية في صناعةِ مستحضراتَ التجميل لإنْتاج كريمات شفافةِ. تستعمل احدى الشركات التقنية النانوية للعناية بالجسم من خلال عُلومِ التغذيةِ، حيث انتجت منتجاً للتسويق يدعى (NanoCeuticals) وهو عبارة عن مادة غروية (أَو مستحلب) لجسيمات بقطر أقل مِنْ 5 نانومتر. وتَدّعي الشركةُ بان المُنتَجَ سَيَقتاتُ الجذور الحرّةَ لزيادةِ الترطيب (Hydration) وموازنة الاس الهيدروجيني للجسم.

وقد طوّرتْ الشركة أيضاً التجمعات النانوية ( NanoClusters)، أي دمجَ مسحوقُ ذو حجم نانوي مع مقوّيات، وعند الاستهلاك سيُحسّنُ إمتصاصَ المواد المغذّيةِ. تعمل شركات المستحضرات مع شركات الاغذية

**لتَطوير الآلياتِ الجديدةِ لنقل الفيتامينات مباشرةِ إلى الجلدِ، على سبيل المثال، فان حلويات ( Nestlé) تحتوي 49 % حصة من ( L'Oreal)، والذي يُطوّرُ مرطبات الشمس الشفافة لنقل فيتامين (E) مباشرة للجلد.**

**إنّ الهدفَ هو صناعة مرطب يُمتص من قبل الجلد ويطلق فيتامين (E) ببطئ، بالإضافة إلى تَزويد الحمايةِ من الاشعة فوق البنفسجية (UV).**

**مرطبات مَنْع الاشعة فوق البنفسجية الشفافة وانتاج مرطب بوظيفةِ إضافيةِ، في طريقها للتُسوّيقُ قريباً. صنعوا منافسون من شركات اخرى مواد مضادة للشيشوخة ( Anti – ageing) تَستفيدُ من الجسيمات النانوية (Nanoparticles).**

**أسست جامعة ( Wageningen) في هولندا مؤخراً مركز بحوث سَيركّزْ بحثَه على تطبيقِ التقنية النانوية في صناعة المواد الغذائيةِ، حيث اهتم مركز التقنية النانوية الحيوية ( Wageningen BioNT ) هذا بمواضيعِ مثل: التحسس ( Sensing) والتشخيص (Diagnostic) لنوعية (Quality) وسلامة (Safety) الغذاءِ؛ والتغليف (Encapsulation) ونقل المواد المغذّيةِ ( Delivery of nutrients)؛ والوسائل المجهرية والنانوية (Micro– and Nanodevices) للمعالجة الفيزيائية ( Physical)؛ والمعالجة الكيميائية الحيوية ( bio)chemical))؛ وعلم الاحياء الكيميائي (Chemical biology) والتقنية السمية النانوية ( Nanotoxicology)؛ وتقييم التقنيةِ وعلم المستهلكِ.**

**طورت احدى الشركات الألمانية تقنية جديدة تَجْمعُ مادتين نشطتين (Two active substances) لتخفيضِ وتخمين السمنةِ في حاملات نانوية منفردة (Single nano–carrier) (ايون رغوي بحدود 30 نانومتر قطراً).**

**يستخدم المنتج ( NovaSOL) الذي يحتوي ( CoQ1O) لتخفيضِ السمنة والحامضِ الدهني ألفا ( Alpha – lipoic acid)، ويستخدم أيضاً في تحضير فيتامين ( E) المسمّاة (SoluE)، و تحضير فيتامين ( C)، كما ويستعمل لتَقديم ملاحقِ غذائيةِ للحماية مِنْ حوامض المعدةِ.**

# الفصل السابع

# التقنية النانوية في الطاقة والبيئة

# التقنية النانوية في الطاقة والبيئة

## Nanotechnology in the Energy and Environment

### 1-7 الطاقة Energy

هنالك في اوربا حوالي 10% من الطاقة الكهربائية المنتجة تستخدم للاضاءة. تستطيع الدايودات الباعثة للضوء ( Light – emitting diodes LEDs ) انتاج الضوء الابيض وبذلك تكون قادرة على استبدال التقنية التقليدية، وهنا سنحتاج فقط الى حوالي 50 % من الطاقة المطلوبة بالبصلة الكهربائية الاعتيادية ( Normal bulb) لانتاج نفس الكمية من الضوء، الشكل (7-1)، وبالتالي سيتم استخدام الطاقة الكبيرة لقطاع الاضاءة (Lighting sector).

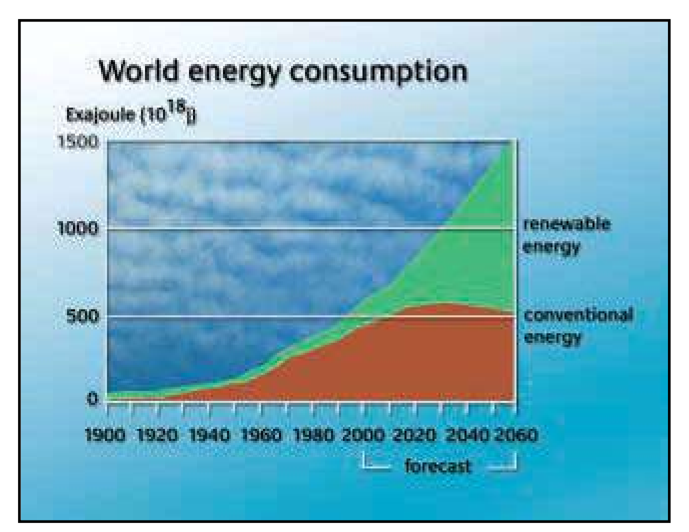
هنالك الملايين من العوائل تستخدم اجهزة التلفزيون المزودة بانابيب اشعة الكاثود (Cathode – ray tubes) والتي تم استبدالها حالياً بالاجهزة المزودة بتقنية بلورات العرض السائلة ( Liquid crystal display LCD) وبالمدى الابعد الدايودات الباعثة للضوء العضوية ( OLED). ان كلا التقنيتين تمتلك امكانية لتقليل استهلاك الطاقة بنسبة 90%، وان كلا من (LED) و(OLEDs) تنتج بمساعدة التقنية النانوية. اذا حافظ الملايين من العوائل على القليل من الكيلوواطات ( Kilowatts) فانهم سينتجوا كيكاواط (Gigawatts) وهي سعة بضع محطات كهربائية كبيرة.

من الممكن تنظيم اداء خلايا الوقود ( Fuel cells) بسرعة وبسهولة، حيث يتم تجهيز مسخنات الغاز الطبيعي ( Natural gas heaters) في خلايا الوقود والتي تستخدم الان في البيوت وتولد الحرارة المسيطر عليها والكهرباء. الملايين من العوائل التي تستخدم هذه الوسائل وهذه المسخنات ستكون قادرة على الاشتراك عن طريق الشبكة الوطنية ( National grid) وشبكة الاتصالات الدولية ( Internet) في محطات الطاقة الرئيسية الافتراضية وبحد اقصى للسعة النظرية لمئات الكيكاواطات.



الشكل (7-1): كفاءة دايودات انبعاث الضوء (LEDs).

وعلى المدى الابعد فان الغاز الطبيعي ممكن استبداله بالهيدروجين من المصادر القابلة للتجديد ( Renewable sources)، الشكل (7−2). تكون التقنية النانوية مستعدة لهذا التطور مع المواد والعوامل المساعدة الجديدة.




الشكل (7−2): التقنية النانوية تقنية الاختيار للطاقات القابلة للتجديد (Renewable energies).

ان الاغشية السيراميكية ذات المسامية ضمن القياس النانوي (Nanoscale porosity) ستصبح مهمة جداً في معالجة السوائل وكذلك لتجهيز ماء الشرب النظيف، كما ان التقنية النانوية ستجعل الطاقة الشمسية (Solar energy) متوفرة وتكون مقترحاً مربحاً. تمتلك اشباه الموصلات الرابطة للانديوم ( Indium) والجاليوم ( Gallium) والنيتروجين (Nitrogen) اشكالاً من الاداء الظاهري الذي يجعل الخلايا الشمسية

**(Solar cells) بمستوى كفاءة 50% عملياً. تكون الكفاءة (Efficiency) معياراً واحداً فقط والتقنية النانوية ستكون قادرة على تقليل سعر مجمعات الضوء (Light collectors) اما من خلال الطبقة الرقيقة ( Thin – layer) او بواسطة تقنية الجسيمة (Particle technology).**

**النماذج المختبرية لافلام الخلية الشمسية (Solar cell films) تنتج بتقنيات التغطية ( Coatings techniques) المشابهة لتلك المستخدمة للديودات الباعثة للضوء ( LEDs) والديودات العضوية ( OLEDs) لعرض اداء 100 واط مع وزن مادة 30 غرام فقط.**

**يدعي باحثوا احدى الشركات بان مستوى الكفاءة كان 5% لاخر خلايا شمسية عضوية والتي ممكن طباعتها على طبقة لدائنية ( Plastic film) لتصبح رخيصة جداً. ان سمك الطبقة الفعالة ضوئياً ( Photoactive layer) هو حوالي 100 نانومتر فقط وعمر التشغيل ( Working life) بضع الاف الساعات من نور الشمس. الشكل ( 7–3) يبين الدايودات العضوية ((Organic LEDs (OLEDs) المستخدمة للعرض مستقبلاً، اما الشكل (7–4) فيبين الطيف الكامل المستخدم في زجاج الواجهة لاحد قاعات فندق ويكز ( Weggis).**



**الشكل (7−3): الدايودات العضوية تستخدم في العروض المستقبلية.**



**الشكل (7−4): الطيف الكامل للواجهة الزجاجية لاحدى قاعات فندق ( Weggis) على ساحل بحيرة ( Lake Lucerne) منيرة بكل الوان القوس قزح (Rainbow) باستخدام 84000 من الدايودات الباعثة للضوء.**

## 2-7 الكهرباء من الحرارة – الحرارة من الكهرباء (الكهرباء الحرارية)

**Electricity from Heat – Heat from Electricity**

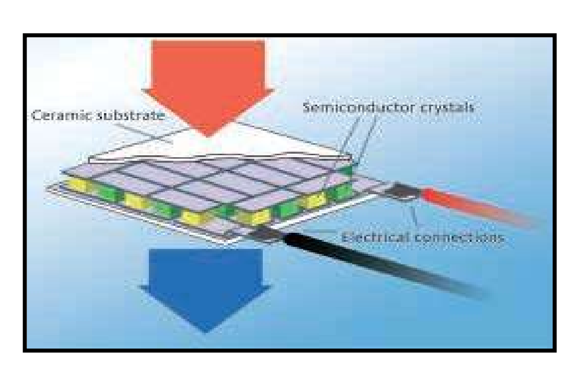
**(Thermoelectrics)**

**هنالك مدى واسع من التأثيرات الفيزيائية المعروفة والملاحظة بشدة من قبل عامة الناس، مثل حقيبة التبريد ( Cooler bag) المرتبطة بمجهز القدرة للمركبة التي تبرد بشكل جيد وتعمل بشكل غير مرئي وفق اكتشاف العالم الفرنسي (Jean – Charles – Athanase Peltier) في 1834 الذي وجد التأثير الذي يحمل اسمه وهو ان جريان التيار خلال نقاط التماس بين معدنين مختلفين ينتج حرارة في احدى جوانب التماس وبرودة في الجانب الاخر. وفي الثلاثة عشر سنة الماضية اكتشف الالماني ( Thomas Johann Seebeck) التأثير العكسي، حيث ان جريان الحرارة خلال نقاط التماس لمعدنين مختلفين يولد الكهرباء. وكلا الانجازين هما بداية للتقنية النانوية القادرة الان على تطوير مواد جديدة وفي النهاية كلا التأثيرين قادرين على العمل بمستوى كفاءة جيد جداً.**

**ان انتاج مثل هذه المواد يتضمن نفس الترتيب للمكائن المستخدمة لتصنيع الدايودات الباعثة للضوء (LEDs)، وهذه المكائن تطبق لقياس طبقة 5 نانومتر من تيلوريدات الانتيمون ( Antimony telluride) لطبقة بالسمك النانومتري من تيلوريدات البزموث ( Bismuth telluride) وتكرر العملية بعد ذلك حتى تتخلق طبقة شبه موصلة (Semiconductor film).**

**عندما تجري الكهرباء خلال هذه الطبقة سيصبح احد جوانب الطبقة ساخناً والاخر بارداً، والطبقة ستكون بنية ناعمة جداً وبالتالي تستخدم لضبط برودة الرقائق او في المختبر على الرقيقة ( Lab – on – a – chip) لتشغيل اوعية التفاعل الصغيرة جداً، حيث يعاد انتاج الحامض النووي منقوص الاوكسجين ( DNA) بوسائل تغير درجة الحرارة السريع، والشكل (7–5) يبين كيف يتحول جريان الحرارة الى طاقة كهربائية بكتل اشباه الموصلات. وتساعد البنى النانوية هذه التقنية لانجاز مستوى عالي من الكفاءة.**

**ومن المعقول جداً بان الزيادة في مستويات الكفاءة ستوجه التقنية نحو صناعة التبريد، وبالتالي من الممكن بمصادر رخيصة للحرارة مثل الحرارة الحرارية الارضية (Geothermal heat) انتاج كهرباء اقتصادية جداً بمثل طبقات الكهرباء الحرارية ( Thermoelectric layer) هذه. اما في الصناعة الكيميائية، فان تقنية مثل هذه ستكون قادرة على تحويل كميات ضخمة من بقايا الحرارة الى كهرباء بالتقنية النانوية.**




**الشكل (7–5): نموذج الكهرباء الحرارية التقليدي:**

## 3-7 الجهود الكهربائية الضوئية – الحرارية

**Thermo – photovoltaics**

**ان الكهرباء الحرارية لاتعني فقط تحويل الحرارة المتسربة او الضائعة (Waste heat) الى كهرباء، حيث ان الجهود الكهربائية الضوئية الحرارية (TPV) تستخدم اشعاع الحرارة المرئية واشعاع تحت الحمراء للاجسام الحارة. تستقر التقنية النانوية في بنى الباعثات (Structures of the emitters) التي تكيف طيف مصدر الحرارة للحساسية الطيفية لخلايا الجهود الكهربائية الضوئية الحرارية. الشكل ( 7–6) يبين كيف ان ضوء الشمعة (Candlelight) كافي لخلايا الجهود الكهربائية الضوئية الحرارية المنتجة لطاقة تكفي لتشغيل الراديو، بينما الشكل ( 7–7) يبين باعثات التنكستن (Tungsten emitters) مع سطح ببنية نانوية لتكييف طيف الاشعة تحت الحمراء.**



**الشكل (7–6): ضوء الشمعة يكفي لخلايا الجهود الكهربائية الضوئية الحرارية لانتاج طاقة كافية لتشغيل الراديو.**



**الشكل (7–7): باعثات التنكستن مع سطح بنية نانوية تتكيف مع طيف الاشعة تحت الحمراء.**

## 4-7 تطبيقات التقنية النانوية للقياس في البيئة

**Nanotechnology Applications for Measurement in the Environment**

**ان الخواص الفريدة لمواد القياس النانوي ستكون قادرة على تطوير ولادة جديدة لانظمة التحسس البيئي ( Environmental sensing systems)، وتتضمن الامثلة: ( 1) الصفوف الموزعة لشبكات التحسس الذكية التي من الممكن استخدامها لتحديد الديناميكيا الكيميائية والبايولوجية للنظام البيئي ( Ecosystem) في وقت حقيقي، ( 2) مصفوفات المتحسس متعدد الوظائف ( Multifunctional) واطيء الطاقة والرخيص والصغير، الموزع في اماكن النشر والبيوت او على الافراد والممكن استخدامها للتحذير من الملوثات ( Pollutants) والاخطار البيئية الاخرى ، و( 3) التشخيص**

**المحسن لدورة الحياة للجسيمات النانوية الطبيعية والجينات الشبيهة بالانسان (Anthropogenic) في البيئة.**

**ان قياسات العلوم والتكنولوجية ستكون قادرة على تطوير الفهم الشامل للخواص والتداخل ومصير المواد ذات البنى النانوية والقياس النانوي الطبيعي والجينات الشبيهة بالانسان (Anthropogenic) في البيئة. من امثلة هذه القياسات تلك التي تتضمن ظروف التشخيص للتصنيع الآمن واستخدام الانابيب النانوية ( Nantubes) والجسيمات النانوية ( Nanoparticles) والمواد الاخرى ذات القياس النانوي (Nanoscale materials)؛ وفهم علم الهيئة (Morphology) والحجم (Size) والتركيب (Composion) وفعالية السطح (Surface reactivity) وانتقال الجسيمات المتولدة عن الاحتراق (Combusion – generated particles) المؤثرة على صحة الانسان والبيئة والمتظمنة تغير المناخ العالمي.**

## 5-7 التقدم العلمي والتكنولوجي الحالي

### Current Scientific and Technological Advancements

**تشير الاكتشافات الحديثة بان ابعاد القياس النانوي تلعب دوراً حرجاً في تقدير انتقال الجسيمة في نسيج الانسان ولذلك تكون مفتاحاً لفهم تأثيرات الصحة ومكاسب هامة تعمل من خلال الدراسات المزدوجة للتداخلات البيئية لابحاث المادة ذات البنية النانوية ( Nanostructured material) وتصميم المعدات ( Device design). شوهدت التحسنات المثيرة في السنوات القليلة الماضية لتصنيع مواد القياس النانوي ( Nanoscale materials) المهتمة بالتحليل البيئي، مثل استخدام المجالات الكهربائية**

وجريان السوائل لاصطفاف الانابيب النانوية خلال و/ او بعد النمو الذي يجعلها ممكنة لانتاج متحسسات نانوية القياس، والتي ترتبط بشكل غير تساهمي مع الجزيئات الحيوية ( Biomolecules) وتستخدم كعناصر لمتحسسات بالقياس النانوي.

يعد التصنيع الكهروكيميائي للاسلاك النانوية المعدنية ( Metallic nanowires) تقدماً رئيسياً اخر، بتغيير تركيب المحلول الالكتروليتي خلال الترسيب يمكن تصنيع اسلاك نانوية تمتلك بنى معقدة مماثلة للشفرات المحكمة ( Bar codes). ان الخواص المعتمدة على شكل وحجم المواد النانوية البنية قد تصل الى خواص كهربائية وبصرية جديدة والتي تندمج في متحسسات كيميائية وحيوية جديدة، مثل الدقائق النانوية المصنعة من مواد شبه موصلة قد تستعمل كانواع جديدة لبطاقات بيان الفلورة ( Fluorescent tags) والتي تكون بعيدة عن الفلوروفور الجزيئي ( Molecular fluorophors). التأثيرات المتجمعة للمواد ذات البنية النانوية تستخدم كأساس لانواع جديدة للتحسس البصري والكهربائي، وان التحسس الكهربائي المباشر للجزيئات الكيميائية والحيوية يستخدم اسلاك نانوية وانابيب نانوية معينة.

ان ثورة التقنية الحيوية ( Biotechnology) تقود الى تقدم سريع في الكشف عن الجزيئات الحيوية، وتزودنا التقنية النانوية بالطريق للوصول الى التقدم باتجاه تطور انظمة التحسس البيئي التي من الممكن تشغيلها على قواعد اواسس مستمرة. الدور المهم للجراثيم (Microbes) في السيطرة على عدد كبير من العمليات البيئية معروف لعدة سنين، وحديثاً فقط كان من

**الممكن استخدام التحليل الجيني ( Genomic analysis) لفهم التنوع الحيوي في الانظمة البيئية. للفهم الكامل لعلاقات الانظمة الحيوية في البيئة، من الضروري تشخيص الاجسام الحيوية ( Biological species) خلال التحليل الجيني.**

**وهذا يتطلب القابلية لاجراء التحليل الحيوي عند التراكيز الواطئة، اسفل حدود الكشف لوجود المتحسسات الحيوية. كما ان الفهم الكامل لانظمة البيئة يتطلب قياس عدد كبير من الاجسام الكيميائية والحيوية التلقائي وتلازم مثل هذه القياسات لعدد من قياسات الطول ( Length scales) من المايكرومترات الثانوية الى مئات الكيلومترات.**

**ان الاحداث المحيطة بعصيات الانثراسيس ( Bacillus anthracis)، او ما يدعى بالجمرة الخبيثة ( Anthrax)، المنطلقة في عام 2001 سلطت الضوء على حقيقة ان تقنيات التحسس الجيد لاتوجد بالتحليل السريع للجراثيم ومكوناتها من الجزيئات الحيوية، وان القضايا التقنية التحتية المهمة تتضمن مايلي:**

1- **وجود تقنيات المتحسس الحيوي غير المستقرة بما فيه الكفاية للسماح باستعمالها في القواعد المستمرة (Continuous basis).**
2- **اغلب المتحسسات الكيميائية تستخدم الطرق التي تكون مثالية للكشف عن الاجسام المنفردة (Single species).**
3- **تبقى قضية الحساسية بسبب العديد من الجزيئات المهتمة الموجودة بالنهاية عند تراكيز واطئة.**

**من وجهة نظر القياسات البيئية، فان المشاكل المهمة هي تلك الموجودة في قياس الجينات الشبيهة بالانسان ( Anthropogenic) والجسيمات النانوية الطبيعية الموجودة في التربة والهواء والماء.**

**دراسات صحة الانسان ( Human health) و(Epidemiological) والتأثيرات السمية ( Toxicological) للجسيمات ذات القياس النانوي المتولدة من الاحتراق في هواء البيئة ( Ambient) تؤثرعلى صحة الانسان القلبية الوعائية ( Cardiovascular) وتكون غير حاسمة عندما تكون تأثيرات الصحة او الرد الفسيولوجي متعلقة بالتركيب الكيميائي الاساسي للجسيمات. ولذلك فان تقنيات القياس ضرورية لتمييز التركيب الكيميائي والبنية الدقيقة لطبقات السطح من داخل الجسيمة الاساسية. اغلب انظمة القياس الحيوي الموجودة معتمدة على استهداف معين لمركب/جزيئة. لكون ان اغلب الجسيمات الجرثومية غير مشخصة، لذا هنالك حاجة لانظمة القياس والتحسس التي تقيم التنوع الحيوي في البيئة.**

**ومن الامثلة المهمة مادة ( methyl tertiary – butyl ether MTBE) المضافة الى الكازولين، فان التأثيرات الصحية للمدى البعيد والمستوى الواطيء للتعرض لـ MTBE غير معروف، وهذه المادة تذوب بسهولة في الماء وقد نمت العديد من الدراسات للكشف عنها في ماء الشرب المجهز في كافة انحاء العالم، وهنالك حاجة ملحة للكشف عن الكميات القليلة لهذه المادة.**

**قدمت التقنية النانوية احدى المحاليل الممكنة بهيئة متحسسات غبار ذكي (Smart dust)، والباحثون في ( UC San Diego) خلقوا هذه**

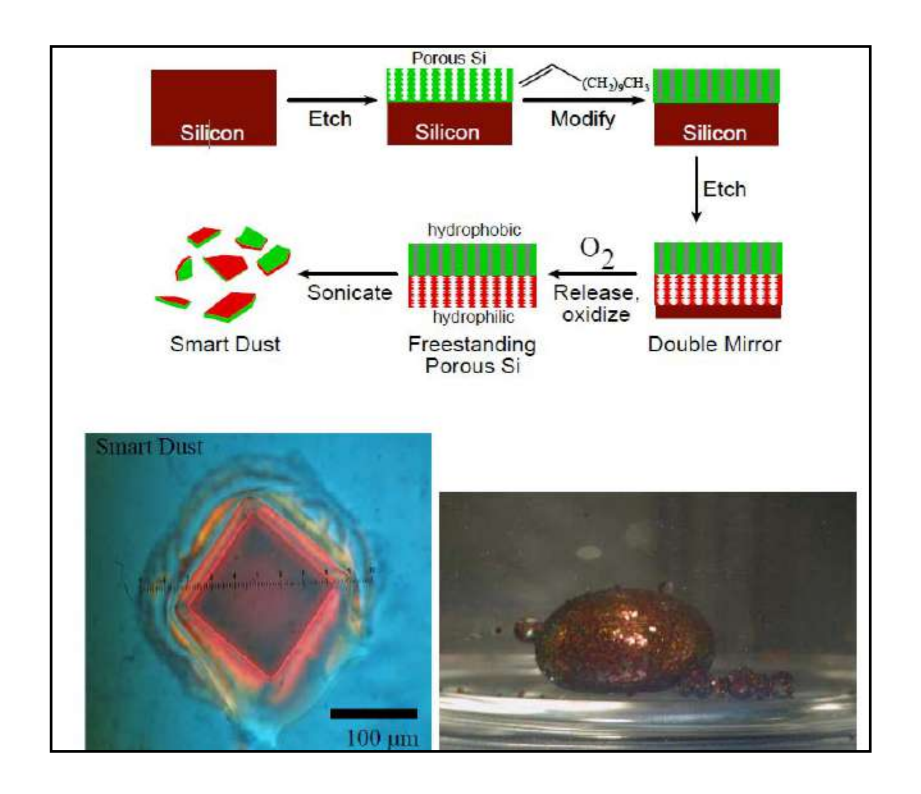
**المتحسسات بمواد كيميائية ممتزة على سطح طبقات السيليكون المعاملة بمحاليل الاظهار (Etched silicon wafers)، كما مبين في الشكل (7−8).**

**البلورات النانوية الفوتونية ( Photonic nanocrystals) الناتجة تمتلك خواص بصرية وخواص كعامل مساعد فريدة تستخدم لتشخيص جزيئات حيوية معينة.**

**عندما تتلامس الجزيئات الحيوية نفسها مع الحفر على سطح السيليكون، فان اللمحة المنعكسة للسيليكون تتغير وتنتج ازاحة ممكن قياسها عند مسافات كبيرة (اكبر من 25 متر) بوسائل متحسس الليزر. احدى تطبيقات مسامات سليكون الغبار الذكي هذا هي لاختبار الملوثات المحمولة جواً (Airborne contaminants) المختلفة.**

**وقد وضعت محاولات لاستعمال هذا الغبار الذكي للكشف عن اداء المواد الكيميائية العضوية المتطايرة (Volatile) كالايثانول.**

**استخدمت الجسيمات النانوية للسيليكون المسامية الثنائية الطبقة (Bilayered) للكشف عن ملوثات ماء – بورن ( Water – borne) التي تتضمن (methyl tertiary – butyl ether MTBE).**




**الشكل (7−8): متحسسات غبار ذكي (Smart dust)،مخلقة بمواد كيميائية ممتزة على سطح طبقات السيليكون المعاملة بمحاليل الاظهار.**

**مشاكل مشابهة موجودة في الكشف عن الدقائق النانوية الطبيعية والجينات الشبيهة بالانسان ( Anthropogenic) الموجودة في التربة والهواء والماء، هنالك تحديات رئيسية في استخدام التقنية النانوية للتحليل البيئي وضرورية لطرق تجمع القياس النانوي العامة.**

**الفائدة من التقدم السريع في قابلية تصنيع وتوظيف الدقائق النانوية والانابيب النانوية الفريدة ستنطلق عندما تكون هذه المواد متكاملة في**

تجمعات اكثر تعقيداً (الصفوف الكثيفة Dense arrays) وترتبط بالمواد المجهرية (الكترونيات ميكروية اساسها السيليكون Silicon – based microelectronics) بسلوك الكلفة الفعالة.

مواد القياس النانوي مثل انابيب الكاربون النانوية ممكن تصنيعها على السيليكون ولكن في الموقع الاصلي للتحوير الكيميائي/الكيميائي الحيوي (Chemical/Biochemical) لتلك البنى في الصفوف المنسقة غير الظاهرة.

ان مدى انجاز موائع بالقياس النانوي لمعالجة مواد القياس النانوي المعدلة انتقائياً في صفوف عالية الكثافة (High – density array) ليس واضحاً، ولكن من الممكن ان تتضمن النظرة البديلة تعديل مواد القياس النانوي في الهيئة الاساسية ( Bulk)، يتبعها التجميع المباشر وتكامل تلك المواد في تجمعات اكثر تعقيداً.

التجميع المباشر من الممكن انجازه باستخدام القوى الضعيفة والتداخلات الالكتروستاتيكية او المغناطيسية للتوظيف المباشر لمواد القياس النانوي مثل الاسلاك والانابيب النانوية المعدلة حيوياً، لمواقع معينة كجزء من عملية التجميع.

عندما يستمر سعر ودقة الطباعة الحجرية لحزمة الالكترون بالتجهيز لوسائل الالكترونيات الميكروية الثانوية على اساس السيليكون ( Silicon – based sub – microelectronic)، ستزداد فرص تصنيع المتحسس النانوي (Nanosensor).

التحديات الاخرى موجودة في البيانات المطيافية للتجميع (Collecting spectroscopic data) و التحليل عند قياسات امكانية اصغر في السلوك الوقتي، فالطرق الموجودة لتحليل الجسيمات النانوية تكون بطيئة. بالاضافة الى السعر التحليلي لتقليل تداخل حجم المتحسس المطيافي (Spectroscopic probe) مثل الالكترونات، لانجاز قياسات القياس الاصغروتقليل نسبة الاشارة الى الضوضاء (Signal – to – noise).

هذا التقدم في تقنيات جهاز المطياف تسمح بالكشف السريع لقوة الاشارة الكافية، بينما تتحسس اكثر للحجوم الاصغر من نموذج الجزيء النانوي (Nanoparticulate sample).

تنقية طرق قياس الكثافة والشكل والمساحة السطحية ضرورية ايضاً، وقد تطورت ادوات قياس الدقائق النانوية في السوائل بشكل اقل من تلك التي للجسيمات النانوية في الطور الغازي.

ان التداخل بين التقنية النانوية ( Nanotechnology) وعلم احياء النظام البيئي ( Ecosystem biology) يؤثر على حركية ( Kinetics) وثرموديناميك ( Thermodynamics) عملية التنوية (تكوين النواة) (Nucleation) والنمو ( Growth) والذوبان ( dissolution) في البيئة، وهذا التأثير قد يحدد نظرياً وعملياً، وان نماذج القياس الجزيئي (Molecular – scale models) للبنى والفعالية والذوبانية للجسيمات النانوية تعتمد على التركيب والحجم والظروف الخارجية التي يحتاج اليها، بالاضافة الى علم المنهجية ( Methodologies) النظري والعملي لتمييز الزمن الحقيقي للدقائق في المياه الطبيعية المتطورة.

التطور المستقبلي للطرق العملية لدراسة الدقائق النانوية المتميهة (Hydrated nanoparticles) مطلوب ايضاً، وهذا يتضمن القياس بدقة عالية في الفضاء وعدد الجسيمات والتركيب وعلم المنهجية.

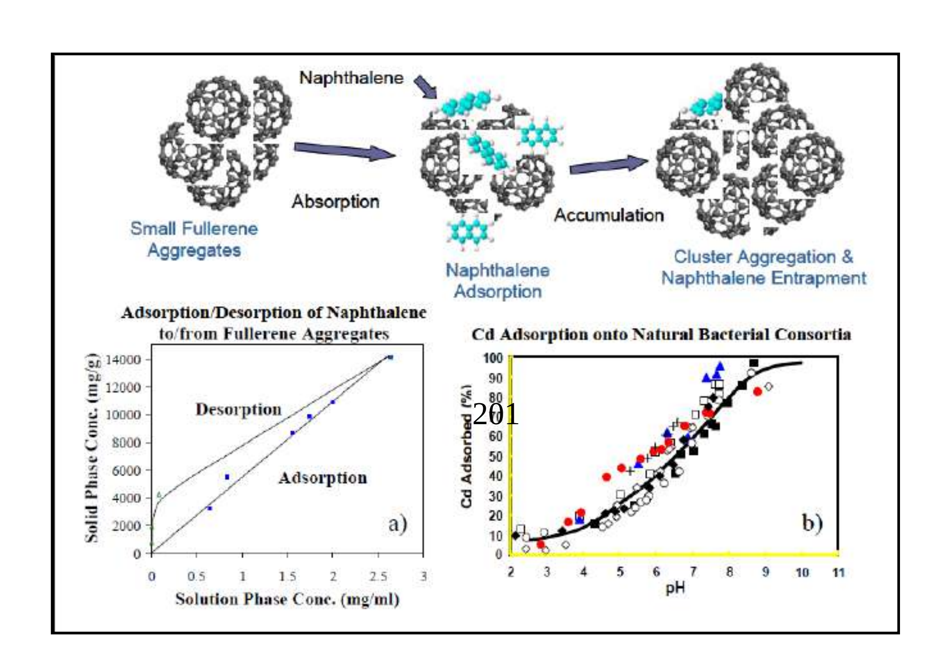
بالاضافة الى ان تمييز ( Labels) الجسيمة النانوية ومخطط الكشف ضروريان ايضاً. احدى التطبيقات المحتملة لهذه التقنية هي تنسيب التلوث (Pollution attribution) والذي ينجز من خلال استخدام الدقائق النانوية للتراكيب الكيميائية المتوقعة والمندمجة في نقطة ومصادر الانبعاث الموزعة. هذه العلامات ستكون مهمة في تمييز الجسيمة النانوية الطبيعية (Natural) عن الجينات الشبيهة بالانسان (Anthropogenic).

ان انتاج الجسيمات النانوية يكون قابلاً للزيادة السريعة خلال البضع سنوات القادمة، وان تصنيع مثل هذه المواد سيقدم حتماً الجسيمات النانوية الى البيئة. فقبل ان تنتج التقنية النانوية التطبيقات التجارية الفعالة تم تقرير دورة الحياة البيئية للجسيمات النانوية، وتم ايضاً تقدير تأثير الجسيمات النانوية في مصير ونقل الملوثات البيئية، مثل الدراسة الحديثة المحددة لتأثير الفوليرينات (Fullerenes) على انتقال النفثالين (Naphthalene) المذاب في الماء.

تقدر الدراسة بان النفثالين المذاب يمتز ( Adsorbed) على جزيئات الفوليرين وبان بعض النفثالين يحصر ( Entrapped) بواسطة تكوين تجمعات الفوليرين (Fullerene aggregates)، كما مبين في الشكل (7-9) الذي يوضح معدل سرعة الامتزاز/ الامتصاص (Adsorption/desorption) لتجمعات (Naphthalene/fullerene).

ميكانيكة الحصر ( Entrapment mechanism) هذه ربما تؤثر على الاصرار البيئي للنفثالين وتزودنا بدليل للجسيمات النانوية التي تغير دورة الحياة للملوثات والجزيئات الحيوية. دراسات اضافية ميزت كذلك امتزاز الكادميوم ( Cadmium) على جدران الخلية البكتيرية والجسيمات النانوية (الشكل b)، وهذه الدراسات تظهر بان الجسيمات الميكروية والنانوية (Nano– and microparticles) تمتلك تأثيراً عميقاً على انتقال المعادن الثقيلة (Heavy metals).

هنالك دليل على ان الجسيمات النانوية نفسها تنتقل بتداخلاتها البيئية وهذه الانتقالات تزودنا بتاريخ الحياة للجسيمات.



الشكل (7-9): معدل سرعم الامتزاز/ الامتصاص (Adsorption/desorption) لتجمعات (Naphthalene/fullerene).

على الرغم من ان علم الاحياء النانوي ( Nanobiology) حالياً يؤكد على صحة الانسان، الا ان السمات البيئية ( Ecological) الاوسع لعلم وتقنية القياس النانوي تحتاج الى التطوير.

ان قاعدة البيانات لخواص الجسيمات النانوية يجب ان تتطور وتكون مستودعاً لعينة يسهل الوصول اليها، والجسيمات النانوية القياسية ممكن ان تخلق ويتم المحافظة عليها.

هنالك قطاعات صناعية ( Industry sectors) رئيسية تنتج كميات كبيرة من الجسيمات النانوية مثل الكاربون الاسود ( Carbon black) والسيليكا المدخنة ( Fumed silica). ان البداية النشيطة الفعالة لقطاع الصناعة التي تصنع نواتج الجسيمات النانوية النادرة تطورت في العشرة سنين الماضية، وتجارب مصنعوا القياس الكبير (Large – scale) ساعدوا في تطوير بداية الصناعة، التي تكون مهمة لتشخيص الاتجاهات في تطوير بدايات القطاع لتوقع تأثيرات القطاع الجديد هذا في البيئة.

## 6-7 تطبيقات التقنية النانوية للمواد والموارد المستمرة

## Nanotechnology Applications for Sustainable Materials and Resources

ان المجتمع الذي يستخدم التقنية النانوية لاستعمال وتفريق المواد سيغير جريان واسترجاع ( Recovery) واعادة تصنيع ( Recycling) الموارد المستمرة خصوصاً باستخدام الطاقة ونقل الناس والاشياء وتوفير الماء النظيف وتجهير الطعام.

اصبحت التقنية والمواد باستمرار الموضوع الاكثر اهتماماً، فالمواد هي جزء تكميلي للنوعية البيئية المعنونة على مدى ثلاثون سنة. علماء ومهندسوا المواد امتلكوا تأثيراً كبيراً لتحقيق نوعية المتدفق ( Effluent) والعادم ( Exhaust) الصادرة واستخدام العوامل المساعدة لتجنب النواتج العرضية غير المرغوبة من العمليات الكيميائية ومعالجة الفضلات (Waste). بالاضافة الى قيادة الطريق في الانتقال من استخدام المذيبات في العمليات الصناعية الى استخدام المواد القابلة للتفسخ ( Biodegradable) وتوليد طاقة انظف.

مصمموا المواد لهذا الغرض لايأخذون بنظر الاعتبار دائماً التأثير البيئي (Environment impact) كوظيفة المادة (كلف ومنافع المعالجة والتخليق)، مثل الجهد المبذول لتطوير افضل للمركبات، مثل المركبات التي

**تستخدم البطاريات لتوليد الطاقة لا تمتلك تأثيراً ايجابياً في البيئة، ولكنها تبدو الاختيار الانظف عند المقارنة مع المركبات التي تستخدم الكازولين لتوليد الطاقة لانها لاتنتج اشعاعات للعادم اثناء التشغيل، وان الكميات الكبيرة من المواد السامة ( Toxic) والخطرة ( Hazardous) تستخدم لعمل البطاريات وهذا ما يجب اخذه بنظر الاعتبار في تقييم الفائدة البيئية من هذه التقنية.**

**فالتطبيقات يجب ان تلائم حاجة المجتمع مع احترام قابلية الاستمرار لدورة حياتها الداخلية، ولتطوير هذه التطبيقات من الضروري التعاون مع العلماء والمهندسون من المجالات الاخرى.**

**ان البحوث المطبقة يجب ان تتوازن مع البحوث الاساسية التي تدعم تطور التطبيقات المستمرة للتقنية النانوية والتي تتضمن: ( 1) تطوير اساس المعرفة المتعلق بالبنية والوظيفة عند القياس النانوي؛ ( 2) تصميم مواد وهندسة معمارية ( Architectures) جديدة بوظائف متعددة دقيقة؛ ( 3) طرق السيطرة المثالية للاستقرار عند كل القياسات ( Scales) والظروف المستخدمة؛ (4) الهندسة المخلقة والمتجمعة والمعالجة عند كل القياسات؛ و(5) خلق ادوات البحث التي تعمل عبر قياسات الطول المتعددة، من الجزيئية (Molecular) الى المرئية (Macroscopic).**

## 7-7 الطاقة والنقل Energy and Transportation

**ان الوقود المستخرج ( Fossil fuels) سيستخدم كمصدر اساسي للطاقة، والتحسين في اداء كل من محركات الغاز (Gas) والديسل (Diesel)**

**ضروري، كما ان القدرة على انتاج اشعاع منخفض جداً وفائق للمركبات ووقود بنوعية افضل ضروري.**

**وهذا ما يتطلب تقدم تقنية العامل المساعد ( Catalyst) لـ: ( 1) فعالية وانتقائية ونتائج محسنة؛ ( 2) مستويات تحميل للدقائق اقل فاعلية ومثالي؛ ( 3) متانة واستقرار العامل المساعد المحسنة ضمن فترة التعرض للعمل في البيئة؛ (4) تقليل الاعتماد على العوامل المساعدة المسببة للتاكل وتلك المعتمدة على معدن ثمين؛ و(5) انتاج عوامل مساعدة اكثر الفة بيئياً وباقل كلفة واقل طاقة مركزة. ان عمليات العامل المساعد تكون نانوية القياس في جوهرها، لان تفاعلها يحدث على السطح.**

**لادراك التحسينات اعلاه من الضروري اجراء البحوث والتطورات المستمرة لتطوير فهم السلوك الجزيئي وسلوك الجسيمة في تفاعلات العامل المساعد. البحوث الاساسية لتطوير الطرق والاقتراب من السيطرة المثالية للاستقرارية عند كل القياسات وظروف العمل التي ستكون حرجة لانجاز تلك التقدمات. ان التقدم في علم القياس النانوي يجب ان يكون قادراً على عزل غاز ثاني اوكسيد الكاربون ($CO_2$) وتطبيقات الفصل (Separation).**

**تطورت الطاقة البديلة والخزن ومواد الارسال، حيث تحسنت المتسعات الفائقة ( Ultracapacitors) والبطاريات ( Batteries) من تحركها الى القياس النانوي. حدثت اختراقات في اداء الكهرباء الحرارية (Thermoelectrics) كناتج للتقدم في القياس النانوي. اكتشفت طرق تجميع الجسيمات النانوية لعمق اكبر، كتوزيع الاسلاك النانوية القياس لتحريك الالكترونات عند تصمم وسائل تحويل الطاقة جديدة. شمل التطوير**

ايضاً الجهود الكهربائية الضوئية ( Photovoltaics) من خلال تحسين مباديء العوامل المساعدة الفوتونية والتي تحسن انبعاثية وتجميع الضوء. تأثيرات الكم يمكنها ان تقود الى زيادة الكفاءة من خلال التقنية النانوية.

## 8-7 الماء والزراعة Water and Agriculture

ان التوقعات الاكثر فعالية هي معاملة ومعالجة الماء الصالح للاستهلاك البشري والاستخدامات الاخرى الضرورية.

ان ازالة المواد العضوية يمثل تحديات متميزة، بالاضافة الى استخدام الجسيمات النانوية (مثل $TiO_2$ المحورة) كمؤكسدات ضوئية ( Photo – oxidants). لعبت التقنية النانوية دوراً في تطوير عمليات الفصل السالبة مثل الاغشية الوسطية ( Mesoporous) والمرشحات والممتزات (Sorbents)، كما استخدمت المعادن الثقيلة لاستهداف ملوثاً معين على السطح.

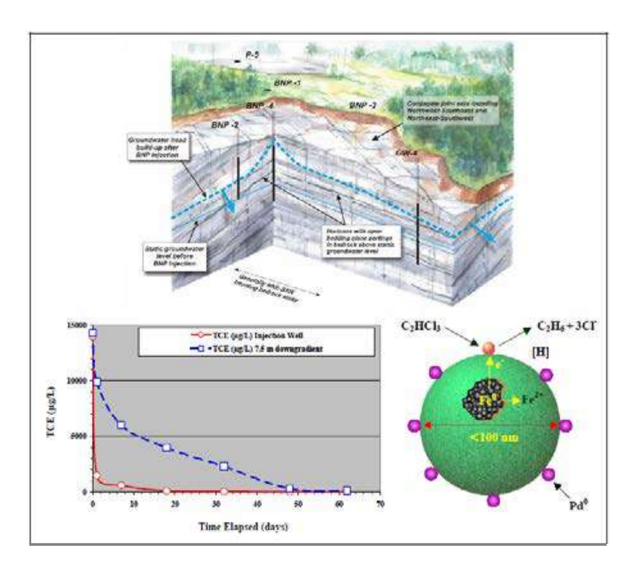
استخدمت الجسيمات النانوية الفعالة في المياه الجوفية (Groundwater) وفي مبيدات الحشرات ومبيدات الاعشاب ( Pesticides and herbicides) في البيئة، حيث ان الجسيمات النانوية ممكن ان تزودنا بكفاءة اكبر وطرق انطلاق ونقل ( Delivery/release) مسيطر عليها لتطبيقها لمبيدات الحشرات والمخصبات ( Fertilizers)، واساس المعرفة متعلقة بالبنية والوظيفة عند القياس النانوي والتي ستستخدم في كلٍ من التطبيقات الزراعية والمعالجة البيئية (Environmental remediation).

**تستخدم المادة الكيميائية (Trichorethelyne TCE) بشكل واسع كمادة كيميائية منظفة جافة وفي المذيبات واللواصق والالوان والاصباغ . ان التعرض لمادة TCE يسبب تلف الكلية ( Kidney) والكبد ( Liver) بالاضافة الى العيوب الولادية. ان هذه المادة هي احدى الملوثات الموجودة في المياه الجوفية، والتقنية الواعدة لمعالجة هذه المادة هي استخدام الجسيمات النانوية للحديد ( Iron nanoparticles) للمعالجة الموقعية، فعندما تخدر مع كميات قليلة من البلاديوم ( Palladium) فان الدقائق النانوية للحديد تسهل توقف مختلف السميات البيئية التي تتضمن مادة TCE، وميكانيكية التفاعل مبينة في الشكل ( 7−10) حيث يتأكسد الحديد منتجاً الكترونين ( $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$) والالكترون بدوره يتفاعل مع مادة ثلاثي كلوريد الاثيلين ($C_2HCl_3$) لتنتج ايونات الكلوريد والايثان ( $C_2H_6 + 3Cl^-$).**

**ان هذه الجسيمات النانوية تستخدم لمعالجة المياه الجوفية الملوثة بالحقن المستمر لسائل الجسيمات النانوية في مجرى المياه الجوفية. يطبق الطين السائل ( Slurry) الذي يتضمن 10 كيلوغرام من جسيمات الحديد النانوية الحاوية على البلاديوم ( Palladium – studded nano Fe particles) في المواقع الملوثة، وكما مبين في المخطط تحقن الجسيمات النانوية في المواقع.**

**تقنية الجسيمات النانوية هذه حققت نجاحاً في خفض الملوثات عند الموقع الذي تحقن فيه. بالاضافة الى خفض الملوث ( TCE) من قبل جسيمات الحديد النانوية القادرة ايضاً على تقليل مختلف السموم البيئية التي**

تتضمن المذيبات العضوية الكلورية ومبيدات الحشرات و (PCBs) والعديد من المعادن الثقيلة.



وقعية لمادة TCE السامة

## 9-7 نتائج التقنية النانوية في الصحة والبيئة

**Nanotechnology Implications in Health and the Environment**

ان التقنية النانوية خلال 30 سنة الاخيرة كانت واسعة الانتشار واندمجت في جميع مجالات الحياة اليومية. هذه التقنية الظاهرة ستتطور مع الظهور الكلي في تأثيراتها الصحية والبيئية. زودتنا التقنية النانوية بالطرق الفريدة لتعزيز حياة الانسان في بيئة نظيفة ومحمية، ويمدى واسع من التطبيقات يبدأ بالمتحسسات وصولاً الى العوامل المساعدة.

ان اكتشاف المواد النانوية ومشتقاتها يمثل تحدياً مميزاً لبحوث تحديد الخطر، ويعمل هذا التحدي في البحث قبل تصنيع الاساس والذي يقود الى

تحديد المشكلة لكون المواد النانوية ممكن ان تكون مواداً عضوية ولاعضوية باشكال واحجام وهيئات مختلفة. والفهم الكامل للتأثيرات الصحية والبيئية لمثل هذه الاصناف الواسعة من الانظمة يتطلب إستراتيجيات لمعالجة هذا التنويعِ الجوهريِ.

ان التأثيرات الصحية والتأثيرات البيئية للمواد النانوية يتطلب اعطاء زيادة من تطبيقات التقنية النانوية في المجتمع وتحديات بعض البحوث تحتاج لمعالجة تطبيقات التقنية النانوية في السلوك البيئي والحماية (Safe).

هنالك بحوث مميزة لفهم نتائج التقنية النانوية في الصحة والبيئة ومثال ذلك الكشف عن ايونات المعادن الثقيلة بطرق الاتصال النانوية (Nano junctions) الذي يبين النتائج الضارة للتقنية النانوية على الصحة والبيئة.

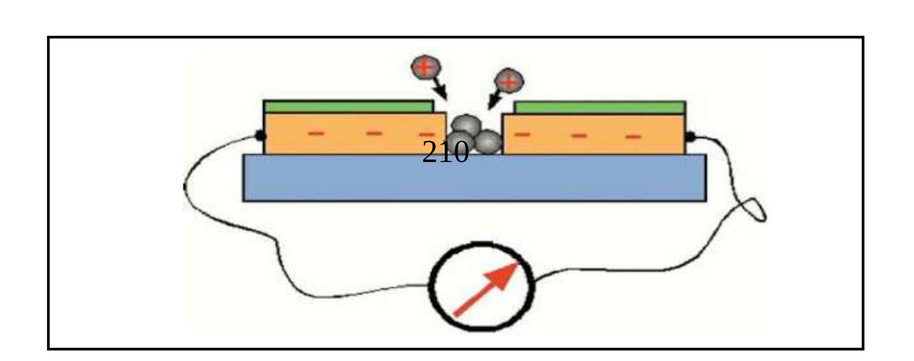
تستغل البحوث التي تجري في جامعة ( New Mexico) ظواهر التوصيل المكمم ( Conductance quantization) والتحفير الكمي (Quantum tunneling) لتصنيع الاقطاب النانوية (Nanoelectrodes) للكشف الموقعي ( in situ) عن التلوث بالايون المعدني. تطورت متحسسات الاداء العالي والكلفة الاقل لاختبار الملاحظة الموقعية الابتدائية ( Initial on – site screening test) للسطح وتستخدم المياه المحيطة ( Groundwater) للتحذير المبكر ومنع التلوث بايون المعدن الثقيل. ان التقنيات التحليلية الموجودة تتطلب اعادة تركيز (Preconcentration) النماذج لكشف الكميات القليلة من ايونات المعادن

التي تستهلك وتكون عرضة لحصول التلوث ( Cross – contamination).

يمتلك متحسس التماس النانوي (Nanocontact sensor) امكانية لكشف ايونات المعدن القليلة بدون معاملة اعادة تركيز وهي مناسبة ايضاً للكشف الموقعي للمستويات القليلة جداً ( Ultratrace levels) من ايونات المعادن الثقيلة.

يتكون المتحسس من صفوف من ازواج الاقطاب النانوية على رقيقة السيليكون (Silicon chip)، وكل زوج من هذه الاقطاب النانوية مفصول بفجوة بالقياس الذري (Atomic scale gap) والتي تنجز بمساعدة ظاهرة التحفير الكمية.

الترسيب الكهروكيميائي ( Electrochemical deposiotion) لايونات المعدن القليلة في الفجوة يمكنها ان تقيم جسراً في الفجوة وتكون تماساً نانوياً ( Nanocontact) بين الاقطاب النانوية كما في الشكل (7−11)، وبذلك تقدح القفزة الكمية ( Triggering a quantum jump) وتوصل كهربائياً. ينجز هذا المتحسس خصوصية عالية بالترابط مع بعض القياسات المختلفة مثل جهود الاكسدة والاختزال ( Redox potentials) ومطيافية نقاط التماس ( Point – contact spectroscopy) وتغيرات التوصيلية المعدلة للجهد كهروكيميائياً ( Electrochemical potential – modulated conductance changes).



الشكل (7−11): الكشف عن ايونات المعادن الثقيلة الملوثة للبيئة باستخدام الاقطاب النانوية ومتحسس التماس النانوي.

# الفصل الثامن

# العلم النانوي للمواد اللاعضوية

# العلم النانوي للمواد اللاعضوية

**Nanoscience for Inorganic Materials**

## 8- 1المقدمة Introduction

**تتسم المواد النانوية بالروعة والغرابة في آن واحد. فأنابيب الكاربون النانوية مثلا تحقق للمواد اللدائنية والخزفية والمعادن المتانة والمرونة والمقاومة الحرارية. كما ان هذه المواد لا تتكسر بسهولة، واذا تم ذلك تعاود الالتصاق ببعضها البعض ثانية. لذا فهي تعتبر وسيلة جديدة امام العلماء لتحسين صورة الحياة من حولنا.**

**تتميز المواد النانوية بالعديد من الخصائص المفيدة التي يمكن استخدامها في التطبيقات التي تعتمد على التركيب وغيره. وقد كانت ضرورية منذ أمد بعيد بالنسبة لمجال المادة، وان كنا عاجزين آنذاك عن تحويرها والاستفادة منها على سبيل المثال، كانت جسيمات الذهب النانوية تستخدم قديما في تلوين الزجاج، كما استخدمت جسيمات الكاربون النانوية لتقوية الاطارات على مدى قرن من الزمان.**

## 2-8 الكيمياء القديمة Old Chemistry

**كان يطلق على علم الكيمياء قديماً اسم " الخيمياء" وهو العلم الذي يجمع بين القدرة الابتكارية والقدرة الخداعية، وكان مفيداً لمن استطاع**

**استغلاله. ومع هذا، فيمكن القول ان الجانب الاكبر من هذا العلم كان أجوفاً لا قيمة له.**

**ادعى الكيميائيون الاوائل قدرتهم على الوصول الى درجة الكمال وتخليق الذهب من خلال التحول الروحي والاحساس بذبذبات الارض. كما اعتمد بعضهم على القير في إلهاب نيران مواقد صهر الحديد سعياً وراء تكوين الثروات عن طريق التحول الوظيفي لعناصر المعدن. واستعانوا بانواع مختلفة من الافران والمنافيخ وانواع مختلفة من الوقود مثل الشموع والقطران والاخشاب وروث الحيوانات لانتاج الذهب. واعتقدوا انه كلما زاد لهيب النار، تمت هذه العملية بشكل اسرع.**

**وعلى الرغم من اعتماد علماء الكيمياء آنذاك على وسائل غاية في الغرابة، فقد نجحوا في التوصل الى النظريات التي ساهمت بعد ذلك في وضع علم الكيمياء بمفهومه المعروف. فمثلا، اكتشفوا ان اللون خاصية أساسية تميز العناصر. وفي اثناء محاولتهم لتخليق عنصر الذهب، نجحوا في اضفاء لون اصفر او ذهبي على سطح المعادن. فاستخدموا خليطاً من محلول القير والكبريت والخل مع النحاس بعد تبييضه وتسخينه، وحصلوا على لون ذهبي حسبوه نوعاً جديداً من الذهب.**

**وفي تلك الاثناء، شرع الناس بشكل تدريجي في استيعاب معنى تقطير المحاليل( Cracking). كما نجح العلماء في اكتشاف الكثير من العناصر التي كانت مجهولة فيما مضى.**

واليوم يتوصل العلماء الى معرفة اشياء كثيرة وبصورة سريعة فيما يتعلق بالخصائص الفيزيائية والكيميائية والحيوي للمواد والتفاعلات عند المستوى النانوي. وهم يعتمدون في ذلك على النظريات والتجارب ومبادئ علم الفيزياء.

تظهر الاستخدامات العديدة للتقنية النانوية نتيجة اختبار مواد وخصائص وعمليات جديدة. كما تكشف الابحاث عن طرق اخرى لتحسين المنتجات التجارية الحالية التي يتميز حجمها بانه يقع بين حجم الجزيئات ( 1 نانومتر تقريباً) وحجم الاجسام الكبيرة (اكبر من 100 نانومتر). ومقارنة بالمقاييس الكبيرة الاخرى، لا يعتبر المقياس النانوي مجرد مقياس للتصغير فحسب، وانما يتميز بكونه مقياساً نوعياً جديداً. توجد مستويات نانوية في اطار العالم الكمي للمادة، ويمكن قياسها بوسائل التصوير المجهرية المتقدمة وغيرها من الادوات العلمية. وبالتالي، فان الخصائص الكمية هي الاساس الذي تقوم عليه ابحاث التقنية النانوية.

## 3-8 المواد الذكية Smart Materials

تتأثر جميع المجالات تقريباً بالمقياس النانوي، بما في ذلك الطب الحيوي والكهرباء والصناعات الكيميائية والالكترونيات. تحدد المواد او العلميات متناهية الصغر طبيعة سلوك المادة. وثمة العديد من التطبيقات المفيدة التي لم تكن مستغلة فيما سبق نتيجة لعدم وجود المواد المناسبة مثل الخلايا الشمسية الاقتصادية او اسلاك الكهرباء عالية الكفاءة. ان ظهور المواد النانوية من شأنه ان يجعل مشاكل الطاقة في العالم طيا منسيا، ليدخل

الانسان بذلك عصرا جديدا هو عصر الجزيئات، مثلما كانت هناك قبل ذلك عصور اخرى زراعية كعصور الحديد والبرونز والتصنيع والمعلوماتية.

تمتاز المواد النانوية كأنابيب الكاربون النانوية او الطبقات البلورية النانوية بقدرات فائقة مقارنة بجسيمات السليكا او الكاربون العادية. على سبيل المثال، تفوق قوة تحمل انابيب الكاربون النانوية قوى تحمل الصلب بمائة مرة، كما انها توصل الحرارة افضل من الماس، وتوصل الكهرباء افضل من النحاس. وبالمثل، سميت مواد النانو – كالفورينات وانابيب الكاربون النانوية والطبقات البلورية النانوية والبلورات الكمية والكبسولات المجهرية – بالمواد الذكية، وقد افاد تعدد استخداماتها كل من الحقلين العلمي والهندسي.

تركز الهندسة – كالعلوم – على عدة مجالات بحثية مثل الفضاء الجوي (الارض والفضاء المحيط بها) والطب الحيوي والكيمياء والكهرباء والبيئة والميكانيك، بالاضافة الى المجال النووي. وتشترك هذه المجالات جميعا في شيء واحد؛ الا وهو الاعتماد على المواد المعقدة المتقدمة. ويحاول العلماء تحسين او استيعاب الخصائص النوعية للمواد. فمنذ اكتشاف الجزيئات والانابيب النانوية، سارع العلماء والمهندسون باختيار كل الامكانيات التي تقدمها هذه المواد، واضحى الجميع يريد التوصل الى طرق جديدة للاستفادة منها واستخدامها.

ومثال على ذلك، ادت الابحاث التي اجريت عن المواد اللدائنية او البلاستيكية الى استخدامها في الكثير من التطبيقات، بداية من علب التخزين ولعب الاطفال الى العدسات اللاصقة والمفاصل الصناعية. ومما يذكر ان ظهور مادة البلاستيك في خمسينيات وستينيات القرن العشرين قد اسهم في

تغيير اسلوب حياة الانسان، فصارت هناك اشياء كثيرة متوفرة بسعر زهيد غير مكلفة الى الحد الذي جعل الناس تلقي بما لديها من اشياء مصنوعة من هذه المواد البلاستيكية بمجرد تقادمها او خدشها.

لا يختلف الامر كثيرا في حالة المواد النانوية، بيدا ان البيئة هنا لا يصيبها اي ضرر. ان خواص المواد النانوية المميزة على مستوى الجزيئات تجعل المواد البلاستيكية تبدو غاية في القدم مقارنة بها.

وبناء على ما سبق، يمكن القول ان العلماء في العصر الحالي يتعاملون مع مواد غاية في المتانة والصلابة والمرونة في الوقت نفسه، وهي تتمتع بالقدرة على توصيل الحرارة والكهرباء، كما تتميز جزيئاتها بقابليتها للتغيير. ان استخدام التقنية النانوية من شأنها ان تساعد العلماء على التوصل الى حلول للمشاكل التي كانت تواجههم قديما مثل سرعة اكتشاف الامراض، كما ستظهر منتجات جديدة تماما ( لا يمكن ان يتصورها الانسان حالياً). وعندما تطرح هذه المنتجات، ستصيبنا الدهشة الشديدة لاننا عجزنا عن ابتكارها واكتشافها قبل ذلك. في حقيقة الامر، اذا مهدت التقنية الطريق للعلماء لاستغلال الذرات ومزجها، يمكنهم بذلك ابتكار اي شيء.

## 4-8 انابيب الكاربون النانوية

## Nano Carbon Tubes

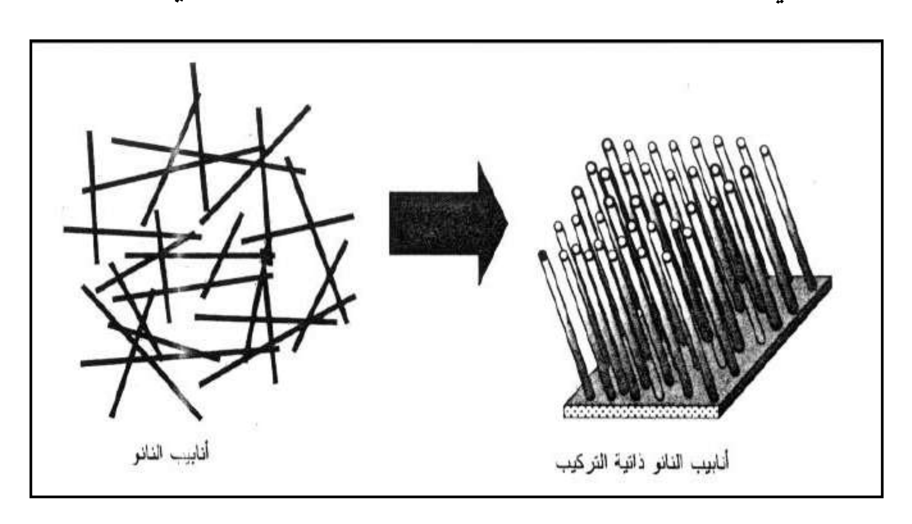
أهم المواد النانوية هي انابيب الكاربون النانوية وحيدة الطبقة. فخواصها كالقوة والصلابة والقدرة على التحمل والنشاط الكيميائي والقدرة على التوصيل الحراري والكهربائي تجعل منها مواد متعددة

**الاستعمالات. وبناء على التركيب الجزيئي، تعتبر بعض الانابيب النانوية من اشباه الموصلات، في حين ان ثمة انابيب اخرى فائقة التوصيل. ان هذه القدرة التي تتمتع بها – بالاضافة الى تركيبها الهندسي الدقيق – هي التي تجعل منها اصلح المواد لاستخدامها في الاسلاك واجهزة التوصيل المشترك والاجهزة الالكترونية الجزيئية.**

**على مدى سنوات طويلة، اتسم التقدم في مجال انابيب الكاربون النانوية وحيدة الطبقة بالبطء، ويرجع ذلك الى مشكلة عملية الاعداد والمعالجة نفسها. ولكن لم يعد ذلك الامر يمثل مشكلة بعد ان اكتشف العالمان ريتشارد صمولي (Retshard Smoli) و ماتيو بسكوالي (Mattu Bskwali) ان الاحماض القوية مثل حامض الكبريتيك قادرة على تشكيل انابيب الكاربونية النانوية وحيدة الطبقة في صورة يمكن الاستفادة منها. ومن هذه الصور الانابيب الكاربونية النانوية المذابة بشكل فردي الى بلورات سائلة تعتبر بمثابة المادة الاولية لالياف من انابيب الكاربونية النانوية وحيدة الطبقة. وقد سهل استخدام هذه المواد المتطورة تشكيل العناصر كبيرة الحجم المصنوعة بالكامل من انابيب الكاربون النانوية وحيدة الطبقة، ويبين الشكل (8–1) انابيب الكاربون النانوية التي يتم تركيبها ذاتياً.**

**من السهل تخليق مواد لدائنية متينة باستخدام الانابيب النانوية، وذلك لان انابيب الكاربون النانوية تمتاز بالمتانة اكثر من الفولاذ. وبناء على ذلك، ستعمل انابيب الكاربون النانوية على تخفيف وزن الطائرات والمركبات الفضائية وغيرها من المركبات الارضية. وجدير بالذكر ان الجيش الامريكي يعتمد كثيراً على انابيب نانوية في انتاج طبقات جديدة قادرة على التقاط**

**الاشارات اللاسلكية واستخدامها في الدبابات والمركبات العسكرية، بالاضافة الى طائرات وسفن التجسس. وبالتالي، تعتبر انابيب الكاربون النانوية وحيدة الطبقة غاية في الاهمية بالنسبة لتطبيقات مجال الفضاء الجوي.**




**الشكل(8-1): انابيب نانوية ذاتية التركيب.**

**تتميز انابيب الكاربون النانوية متعددة الطبقات التي يبلغ متوسط قطرها نحو 40 نانومتر بتعدد استعمالاتها؛ اذ يمكن الاعتماد عليها في الكثير من التطبيقات مثل: نظام عدسات الكاميرا بالهواتف المحمولة ونوافذ السيارات والادوات الرياضية. علاوة على ما سبق، فان مقاومة الانضغاط لديها تكون أشد منها في حالة انابيب الكاربون النانوية وحيدة الطبقة، هذا اضافة الى أهميتها بالنسبة للمواد المتراكبة.**

## 5-8 التصنيع Industrialization

لا تمثل الامور التقنية او التصنيعية عائقا كبيرا امام تقدم الابحاث التي تتناول المواد النانوية. فخلال السنوات القليلة القادمة، سيكون اهتمام الابحاث منصبا على استغلال المواد عالية الكفاءة مثل الاسلاك النانوية واشباه الموصلات. وفي الوقت نفسه، نجد ان مجال تصنيع الانابيب النانوية يتوسع يوما بعد يوم.

يرى البعض ان فائدة الانابيب النانوية تتمثل في استخداماتها، مثل طبقات التغطية والدهانات. ويؤدي خلط الانابيب النانوية بمواد الطلاء الى اكسابها شحنة كهروستاتيكية، الامر الذي يجعل مواد الطلاء وطبقات التغطية التي تحتوي على الانابيب النانوية تلتصق بالاسطح. كما يمكن طلاء السيارات في المصانع باصباغ الانابيب النانوية لتقليل تكاليف التصنيع. وقد تتمكن معاجين الانابيب النانوية من تحسين البلورات السائلة والشاشات المرنة لتكوين صورة أنقى وأوضح من الافلام المعتمدة على الكاربون او السليكون.

## 6-8 المواد المتبلورة نانوياً Nanocrystalline materials

من المعروف ان جميع الاجسام تتكون من ذرات وجزيئات. ويتراوح حجم جسيمات المواد كبيرة الحجم بين مئات الميكرونات (جزء من مليون من المتر) الى بضعة ملليمترات. ويتراوح حجم جسيمات المواد التبلورة نانوياً (Nanocrystalline materials) ما بين 1 الى 100 نانومتر تقريبا. اما نصف قطر الذرة، فيتراوح بين 1 الى 2 انكستروم تقريباً (وحدة تساوي جزءا

**من عشرة ملايين من المليمتر)، ويعادل النانومتر نحو 10 انكستروم، وقد يحتوي النانومتر الواحد على ثلاث ذرات او خمس، وذلك حسب حجم الذات نفسها.**

**تتسم المواد النانوية بصفة خاصة بالمتانة والصلابة، وكذلك بالمرونة والاستطالة (قابليتها للسحب او الطرق) عند درجات الحرارة المرتفعة، كما انها مقاومة للبلي والتآكل والتفتت، ونشطة كيميائياً. وجدير بالذكر ان المواد النانوية تمتاز بفائدة اكبر بكثير من المواد كبيرة الحجم، اعتماداً على خصائصها النوعية المتفاوتة. فعلى سبيل المثال، يتسم عنصر الفضة النانوي بخصائص محفزة معينة لا يتمتع بها عنصر الفضة بصورته الضخمة (مثل التفاعل مع الفيروسات والقضاء عليها). والطرق الخمس الاتية هي اكثر الطرق شيوعا لتخليق المواد النانوية:**

1- **تركيب محلول غروي.**
2- **تكثيف الغازات الخاملة.**
3- **السبك الميكانيكي او التفريز عالي الطاقة.**
4- **التركيب البلازمي.**
5- **الترسيب الالكتروليتي.**

**وعلى الرغم من استخدام كل هذه العمليات لتخليق كميات متنوعة من المواد النانوية، فان تركيب المحلول الغروي في الوقت الحالي قادر على ما يلي:**

-تخليق مواد محددة بدقة بكميات كبيرة وسعر زهيد.

-تخليق مادتين او اكثر في وقت واحد.

-تخليق سبائك ومركبات متجانسة ومواد ذات نقاوة عالية ( بنسبة 99.99% ).

-انتاج مواد (كالخزفيات والمعادن) في درجات منخفضة للغاية ( بين 150 و 600 درجة فهرنهايت، على عكس الطريقة المعيارية التي تتراوح درجة الحرارة فيها ما بين 2500 الى 6500 درجة فهرنهايت).

-تعديل التركيب والبنية الذرية بدقة متناهية.

يستطيع العلماء بعد تخليق المواد متناهية الصغر ان يضيفوا خصائص جديدة الى المنتجات الحالية مثل امدادها بالمتانة القصوى.

## 7-8 البلورات النانوية Nano crystals

ان البلورات النانوية ( Nano crystals) عبارة عن كتل ذرية متراكمة، وهي تتسم بكبر حجمها عن الجزيئات (اذ يبلغ قطرها 10 نانومتر تقريبا)، بيد انها ليست بحجم المواد الكبيرة. وعلى الرغم من تغير الخواص الفيزيائية والكيميائية للبلورات النانوية، فان من اهم فوائدها التي تميزها عن المواد الكبيرة هو ان حجمها وسطحها يمكن التحكم فيهما بدقة بالغة، وكذلك الحال مع خصائصها، ومثال على ذلك البلورات الكمية (وهي نوع من انواع البلورات النانوية). يستطيع العلماء التحكم في شحنة البلورات النانوية وتفكيك تركيبها البلوري، بل والتحكم كذلك في نقطة انصهارها.

**نجح عالم الكيمياء الامريكي بول اليفيزاتوس ( Poul Alifezatos) في تخليق البلورات النانوية باضافة مساحيق شبه موصلة الى اغشية غروية يطلق عليها المنشطات السطحية (المنشط السطحي او Surfactant هو عامل خافض للشد السطحي). وقد نجح الفريق الذي يشرف عليه هذا الكيميائي في تخليق مزيج من البلورات باستخدام مجموعة مختلفة من هذه المواد. تتمثل فائدة المنشطات السطحية في قدرتها على التفاعل مع المساحيق شبه الموصلة لانتاج بلورات نانوية متفاوتة الاشكال (كالقضبان بدلا من الكرات).**

**المنشط السطحي (مثل المنظفات) هو مادة تضاف الى سائل لزيادة خصائص الانتشار عن طريق تقليل شد السطح.**

**يفتح هذا الاسلوب في تخليق البلورات النانوية شبه الموصلة على شكل قضبان ثنائية الابعاد الطريق امام العديد من التطبيقات، كما يبين مدى اهمية التحكم في نمو البلورات عند تغيير الحجم او الشكل. وعلى الرغم من صعوبة تغيير الشكل، فانه لمن الممكن ان يؤدي تفاعل الذرات مع العديد من المنشطات السطحية الى نمو البلورات بشكل معين. تقوم البلورات بتغيير شكلها، حفاظا على معدل النمو السريع باستخدام المزيج المناسب من المنشطات السطحية فتستطيل وتأخذ شكلا له اوجه كالقضيب لاستغلال مساحة السطح بأكملها. يوضح الشكل ( 8-2) البلورات النانوية لجسيمات الكوارتز.**



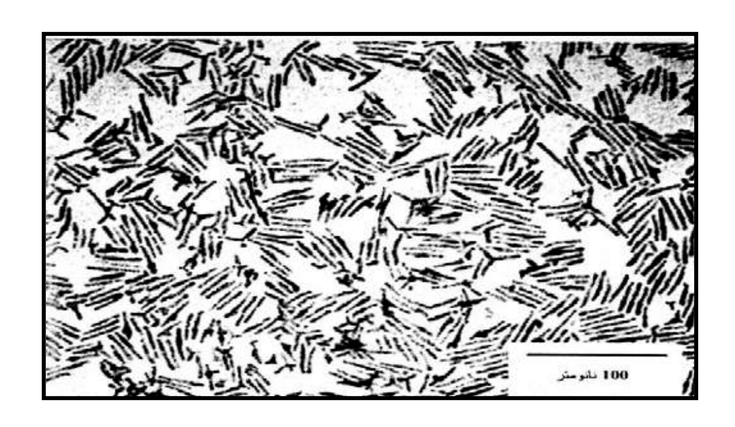

الشكل(8−2): البلورات النانوية لجسيمات الكوارتز

علاوة على ما سبق، فقد اوضح هذا الفريق العلمي ان ثمة ضوءاً مستقطباً ينبعث من البلورات النانوية ذات الشكل القضيبي على امتداد محورها الطويل، على عكس الضوء غير المستقطب الذي ينبعث من البلورات النانوية الكروية المحتوية على سليندات الكادميوم (Cadimun Selendie). يستفيد التصنيف الحيوي من ذلك؛ حيث تمثل علامات التصنيف اهمية بالغة.

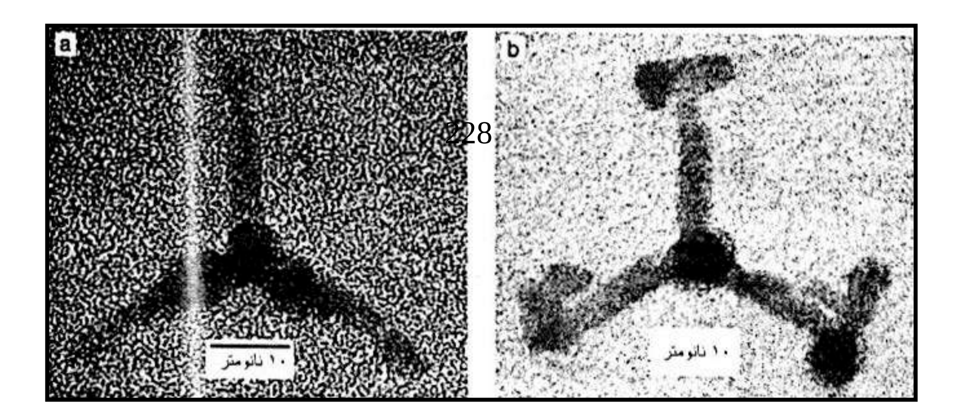
اظهرت ابحاث " اليفيزاتوس" ان الفجوة بين طاقتي الانبعاث والامتصاص كبيرة في حالة البلورات النانوية القضيبية عنها في حالة البلورات النانوية الكروية. وبالتالي، من شأن هذا التطبيق ان يسهم في تطوير الدايودات الثنائية الباعثة للضوء ( LEDs)، في حين كانت عملية اعادة

امتصاص الضوء في الماضي تمثل مشكلة كبيرة. وبما انه يمكن تجميع القضبان النانوية ورصها الى جوار بعضها البعض، كما مبين بالشكل (3-8)، فهي تستطيع كذلك العمل بنجاح مع الدايودات الثنائية الباعثة للضوء وفي خلايا الجهود الكهربائية الضوئية.

اضافة الى هذا، يمكن تغيير ظروف تخليق البلورات النانوية ومعدلات نموها لتأخذ شكل قطرات المياه او رؤوس الاسهم او حتى المقابس. ويبين الشكل (4-8) شكل المقبس. وعلى الرغم من عدم وجود استخدامات لهذه الاشكال في وقتنا الراهن، فستكون لها فائدة كبيرة في المستقبل. فمثلا، نظرا لان البلورات النانوية رباعية الاطراف (على شكل المقبس) تعتمد دائما على ثلاث اذرع مع اطالة الذراع الرابعة، وقد اقترح البعض استخدامها كموصلات للالكترونيات النانوية الجديدة.

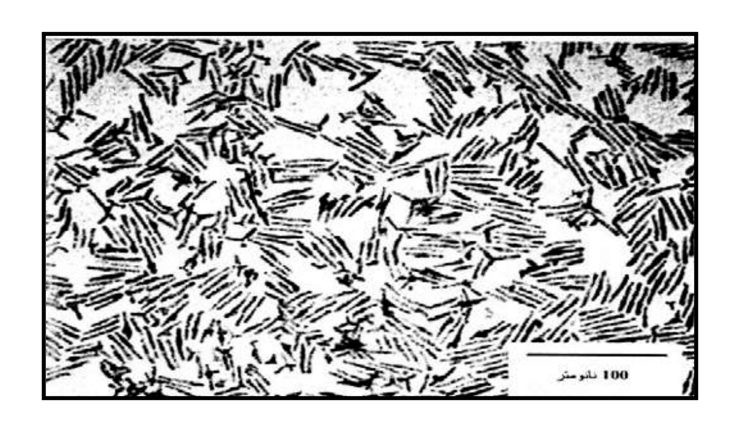



الشكل (3-8): القضبان النانوية.

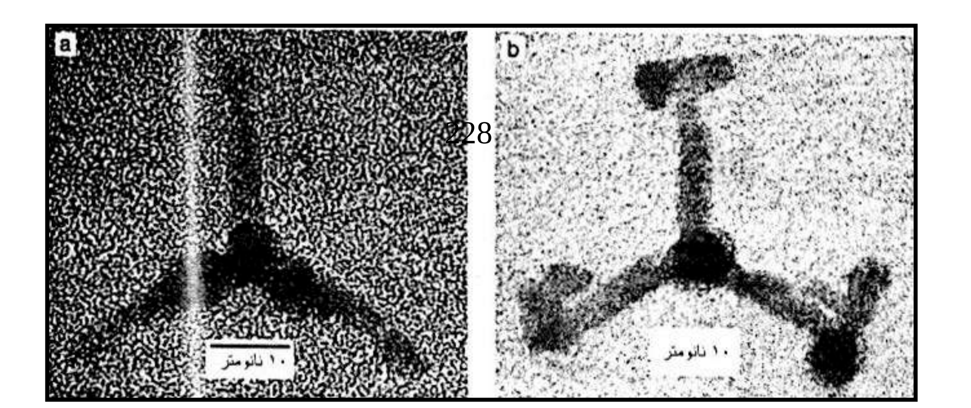


امتصاص الضوء في الماضي تمثل مشكلة كبيرة. وبما انه يمكن تجميع القضبان النانوية ورصها الى جوار بعضها البعض، كما مبين بالشكل (8-3)، فهي تستطيع كذلك العمل بنجاح مع الدايودات الثنائية الباعثة للضوء وفي خلايا الجهود الكهربائية الضوئية.

اضافة الى هذا، يمكن تغيير ظروف تخليق البلورات النانوية ومعدلات نموها لتأخذ شكل قطرات المياه او رؤوس الاسهم او حتى المقابس. ويبين الشكل (8-4) شكل المقبس. وعلى الرغم من عدم وجود استخدامات لهذه الاشكال في وقتنا الراهن، فستكون لها فائدة كبيرة في المستقبل. فمثلا، نظرا لان البلورات النانوية رباعية الاطراف (على شكل المقبس) تعتمد دائما على ثلاث اذرع مع اطالة الذراع الرابعة، وقد اقترح البعض استخدامها كموصلات للالكترونيات النانوية الجديدة.




الشكل (8-3): القضبان النانوية.



الشكل (8–4): البلورات النانوية رباعية الاطراف.

## 8-8 النقاط الكمية Quantum Dots

النقاط الكمية (Quantum dots ) عبارة عن جسيمات نانوية شبه موصلة تقوم بحبس الالكترونات في مساحات صغيرة. وهي تحتو ي على وحدة شحنة واحدة وتنبعث منها الوان ضوئية متباينة حسب حجمها ومستويات الطاقة الخاصة به. تتأثر مستويات الطاقة بتغيير الحجم والشكل وجهد الشحنة. والجدير بالذكر ان تباعد مستويات الطاقة والالوان يرتبطان ببعضهما البعض (فهما يبدوان بلون معين نظراً لان الطاقة المنبعثة لها طول موجب مرتبط بهما في الجزء المرئي من الطيف). يؤدي تغيير حجم البلورات الكمية الى تغيير تباعد مستويات الطاقة، الامر الذي يؤثر بدوره على اللون المرئي للمحاليل. ويعتبر تغير اللون المرتبط بتغيير حجم الجسيم خاصية تنفرد بها التقنية النانوية.

بالاضافة الى النقاط الكمية، فهناك كذلك الاسلاك الكمية والآبار الكمية. تقوم النقاط الكمية بتقييد حركة الالكترونات داخل ابعاد يمكن اهمالها،

**على عكس الاسلاك الكمية والآبار الكمية (المسطحة) التي تتسم مساحتها بانها بالطول الموجي نفسه الذي يميز طول موجة "ديبرولي" ( DeBroglie wavelength).**

**طول موجة " ديبرولي" هو مقياس حركة الموجة (الطول الموجي) لاحد الجسيمات. فمثلا، الطول الموجي $\lambda$ يتحقق بالمعادلة $\lambda = h/mv$ (حيث h تساوي ثابت بلانك، و m تساوي كتلة الجسيم، وv تساوي سرعته).**

**يتيح هذا التقييد قياس مستويات الطاقة والشحنات الكهربائية. كما تتسم النقاط الكمية باهمية بالغة بالنسبة للتطبيقات البصرية؛ وذلك بسبب ارتفاع الحاصل الكمي (الحاصل الكمي او quantum yield هو عدد التفاعلات المحددة التي تحدث عند امتصاص منظومة ما لاحد الفوتونات). اضافة الى ما سبق، تمثل هذه البلورات البت الكمي ( Quantum Bit) ( مثل وحدات البت بالحاسوب باستثناء انها تكون عند المستوى النانوي) للمعالجة الكمية للمعلومات.**

**النقاط الكمية هذه عبارة عن بلورات نانوية شبه موصلة ولاعضوية، حجمها الاجمالي يقل عن او يساوي 10 نانو.**

**كما يحدث في حالة الذرات، يمكن دراسة مستويات طاقة النقاط الكمية باستخدام اساليب التنظير الطيفي المتقدمة. وبسبب الخواص البصرية التي تميز النقاط الكمية، لا يمكن للعين المجردة ان ترى الاحجام المتباينة لهذه البلورات (ونسبة امتصاص الوانها او طولها الموجي)، بيد انه يسهل رؤية لون محلولها.**

على الرغم من ان تركيب النقاط الكمية يمثل اهمية كبيرة، فان لونها مرتبط بحجمها. فكلما كبر حجم البلورة، ظهر تألقها اكثر باتجاه اللون الاحمر من طيف الطول الموجي للضوء. وكلما صغر حجمها، كان ظهورها باللون الازرق، وهذا مرتبط بظاهرة تباعد مستويات الطاقة التي تحدثنا عنها منذ قليل. ويرى بعض الباحثين ان شكل النقاط الكمية يتحكم كذلك في لونها، الا ان ذلك لم يتأكد بعد.

## 9-8 علامات علم الاحياء Biology marks

من التطبيقات الاخرى المتقدمة التي تعتمد على النقاط الكمية امكانية استخدام علامات الفلورة او التألق (Fluoresces marks) الصناعية لاكتشاف الاورام بالاعتماد على التنظير الطيفي التألقي في اثناء اجراء العمليات الجراحية.

من اليسير التحكم في النقاط الكمية وتعديل شكلها. ويلعب الحجم هنا دوراً مهماً، فكلما زاد حجم البلورة واقتربت من اللون الاحمر (في الطيف الضوئي)، قلت فرصة تعديل الخصائص الكمية. وكلما صغر حجمها، سهل الى حد ما استغلال التغيرات الكمية.

يعتمد الباحثون السريريون ( Clinical) والاطباء على تعديل خصائص البلورات الكمية عند التصنيف الحيوي لتكون بمثابة علامات حيوية (مثل الاجسام المضادة الملتصقة ببروتينات معينة). حين يمتص الغشاء الخلوي النقاط الكمية ، تصبح هذه الجسيمات قادرة على تصنيف بعض الاجزاء داخل الخلية، بل والافضل من ذلك ان لمعان الوان النقاط الكمية لا

**يزول مع مرور الزمن، الامر الذي من شأنه تحسين التصوير الفلوري لمساعدة الباحثين في تحليل الخلايا والكشف عن اسرارها.**

**في الوقت الحالي تستخدم العديد من الاصباغ العضوية في التحاليل الحيوية (Biological analysis). ومع ظهور تقنيات التصوير الجديدة والمعقدة، سيتراجع اعتماد الناس على الاصباغ الحيوية التقليدية. فالبلورات الكمية اكثر تقدما من الاصباغ العضوية التقليدية لاسباب عدة، منها ارتفاع درجة السطوع (نتيجة الحاصل الكمي العالي) والاستقرار.**

**يدرس الباحثون الجسيمات الكروية النانوية التي تتميز بتركيب يحتوي على قلب من كبريتيد الكادميوم وسليندات الكادميوم. يمكن استخدام هذه الجسيمات النانوية (حسب الحجم) لتبعث الوانا ضوئية متعددة. كما يمكن الاعتماد عليها في العديد من التطبيقات المختلفة، مثل تصنيفات التألق فائقة الحساسية لاستخدامها عند دراسة المواد الحيوية ( Biomaterials). ففي حالة تصنيفات التألق، يتم تمييز العلامات بجزيئات الاصباغ التي تتألق او تشع لونا معينا من الضوء عند تحفيزها بالفوتونات تحت مجهر متحد البؤرة.**

**يمكن استخدام الجسيمات النانوية لتكون بمثابة مجسات او مسابير وعائية مهمتها تصوير الاوعية ونقل الدواء اليها. ويجدر ان نذكر هنا ان فريقا من العلماء في مجال الهندسة الحيوية قد قام بالبحث في استخدامات النقاط الكمية داخل الكائن الحي. واثبتت ابحاث هذا الفريق ان البلورات النانوية المستقرة والقابلة للتعديل اذا غلفت بطبقة من الببتيد موجهة للرئة، يمكن استخدامها في استهداف انسجة الرئة بفئران التجارب. كما ان هناك نوعان اخران من الببتيدات نجحا في تحريك البلورات النانوية باتجاه الاوعية**

الدموية والليمفاوية لاحد الاورام. ان كل هذه الاكتشافات تجعل العلاج بالادوية الموجهة باستخدام الجسيمات النانوية امرا ممكنا.

يحتاج الاطباء الى تحليل عدد من العلامات الحيوية لدراسة محتويات الخلية. كما ان بعض القياسات في حاجة الى انبعاث ضوئي متعدد الالوان والذي يصعب الحصول عليه بواسطة جزيئات الاصباغ التقليدية. وعليه، فالعلامات الحيوية التي تعتمد على التقنية النانوية تستطيع التعامل مع هذه المشكلة بنجاح فائق.

من الواضح ان التقدم في مجال التصوير بالتقنية النانوية من شأنه احداث تطور حقيقي في تشخيص الامراض وعلاجها. فيمكن تركيب اجهزة تنبعث منها الاشعة فوق البنفسجية عند طرف مسبار ليفي بصري لعلاج الاعضاء الداخلية التالفة باستخدام الاشعة فوق البنفسجية المباشرة. ثمة اجهزة اخرى تعتمد على الاشعة فوق البنفسجية يمكن استعمالها في التطبيقات البيئية مثل المواد المتفاعلة التي تدمر الكائنات العضوية الملوثة او تقضي على النفايات العضوية السامة.

## 10-8 ادوات التحليل Analysis devices

**تعتبر ادوات التحليل كذلك غاية في الاهمية عند الحصول على المواد النانوية ذات خصائص دقيقة (مثل مكونات اجهزة الحاسوب). وعلى الرغم من ان العلماء قد درسوا مصفوفة البلورات النانوية باستخدام مجاهر التصوير الذري التي تقوم بمسح الاسطح، فان هناك وسائل اخرى كثيرة يمكن الاستعانة بها.**

**نجح اثنان من الباحثين في ابتكار وسائل تصوير جديدة فائقة الحساسية، على سبيل المثال تمكن مجهر الانكستروم الواحد( One-Angstrom والمعروف اختصارا باسم OAM) من تحقيق اعلى درجة دقة وضوح للمواد النانوية وتساوي 0.8 أنكستروم (او يمكن القول انها اقل من او تساوي 0.1 نانومتر).**

**تستطيع درجة دقة الوضوح التي يحققها مجهر الانكستروم الواحد ان تعرض الاجزاء المختلفة للبلورات النانوية المتعددة في صورة واضحة ثلاثية الابعاد. اضافة الى هذا، فهذا المجهر قادر على توضيح الصور السيئة التي تلتقطها المجاهر العادية بدرجة دقة وضوح عادية. وبذلك، يمكن التوصل الى اكتشاف المزيد من المعلومات عن العينة باستخدام الحاسوب عن طريق الجمع بين عدة صور مختلفة للعينة نفسها والتي يلتقطها هذا المجهر. بمعنى اخر، يستطيع هذا المجهر توضيح أدق تفاصيل الصورة.**

**هناك تقنيات اخرى جديدة لمعالجة الصور تتيح احصاء الذرات المنفردة المتراصة في صف واحد. وهذا يعني ان النظرية والتطبيق قد اتحدا**

معا، الامر الذي يسهل التنبوء بحجم التجمعات الذرية. وفي حقيقة الامر، فان محاكاة المواد النانوية وتشكيلها بجهاز الحاسوب اشبه بملاحظة عملية وفعلية لكيفية تجمع الذرات. يستطيع العلماء الاستعانة بالتقنيات والادوات الحديثة في تفسير جميع الظواهر الذرية تقريبا في التجمعات بالغة الضآلة التي تتم على السطح. فعلى سبيل المثال، يمكن تحديد اماكن اعمدة ذرات السيليكون هند السطح البيني الصمامي (وهو اهم الاسطح البينية في تقنية الدوائر المتكاملة) بدقة متناهية تصل الى نحو 0.01 انكستروم.

## 11-8 الاحصاء الكمي Quantum Statistical

تعتبر النقاط الكمية قفزة تقنية هائلة بالنسبة لعملية الاحصاء الكمي المعتمد على اجهزة الحساب الكمي ( Quantum computing) للاجسام الصلبة. فعن طريق توجيه جهد كهربائي الى كابل الكترود اللحام، يمكن التحكم في تدفق الالكترونات عبر النقاط الكمية، مما سيسهل على العلماء عملية قياس الدوران الالكتروني والخصائص المرتبطة به. وعليه، قد يأتي يوم نتمكن فيه من تخزين البيانات وإجراء الحسابات اعتماداً على الظواهر والخصائص الكمية.

على عكس الاجهزة الالكترونية التي تعتمد على شحنات الالكترونيات في نقل الاشارات، يعتمد الاحصاء الكمي المعتمد بدوره على اجهزة الحاسوب على الدوران الالكتروني او استقطاب الضوء، الامر الذي يسرع من تنفيذ العمليات وتقليل الفاقد من الطاقة في نظم الحاسوب.

**حين يجري ادراج طبقة من اوكسيد الزنك (يبلغ سمكها حوالي 10 طبقات ذرية) بين لوحين من اوكسيد الزنك – المنغنيز (سمكهما 500 طبقة ذرية تقريبا)، شريطة ان يكون اللوحان الخارجيان موصلين ببطارية لتكوين دائرة كهربائية، فان الشحنات المستقطبة ترسل الى لوح اوكسيد الزنك الرقيق للغاية. تتركز الالكترونات والفجوات معا (كالالكترونات المفقودة مثلا) في الطبقة الوسطى. اما الفجوات التي تتميز بنوع واحد من انواع الدوران الالكتروني، فسوف تتفاعل مع مثيلاتها وحسب. وبالتالي، تنبعث الاشعة فوق البنفسجية المستقطبة وتستخدم في الاحصاء الكمي البصري المعتمد على استخدام اجهزة الحاسوب.**

**بالاضافة الى الحجم المتناهي الصغر الذي تتميز به النقاط الكمية، فان لها خصائص بصرية وقدرة عالية على النقل، لذلك يمكن استخدامها في المضخمات او اجهزة الليزر ذات الصمامات الثنائية او المجسات الحيوية (داخل الخلايا المنفردة).**

**كما تستغل النقاط الكمية في العديد من الالعاب والاجهزة الالكترونية. وتعتمد احدث تقنيات الالعاب واقراص الفيديو الرقمية ( DVD) على الليزر الازرق لقراءة البيانات. فيما مضى، كان الليزر الازرق هدفا صعب المنال. اما اليوم، فقد أمكن التوصل اليه بفضل النقاط الكمية التي تشع الضوء الازرق.**

## 12-8 السبائك Alloys

استطاع المهندسون وعلماء المادة منذ أمد بعيد انتاج السبائك التي تتميز بالصلادة الشديدة، وذلك قبل اكتشافهم لتركيب المادة. في البداية، تتعرض المكونات المعدنية المختلفة للحرارة حتى تنصهر وتمتزج معا، ثم تترك السبائك لعدة ايام حتى تبرد وتتصلد مكونة سبيكة اكثر صلادة ومتانة.

جدير بالذكر ان الاصلاد بالترسيب (تصلد يحدث بسبب ترسب مكون ما من محلول جامد فوق الاشباع) يعد غاية في الاهمية في صناعة الطائرات منذ ان اخترع الاخوان رايت (Right) اول نموذج للطائرة. وقد اثبتت التجارب في العصر الحديث ان المحرك الذي اعتمد عليه الاخوان " رايت" في الطيران كان مصنوعا من عنصري النحاس والالومنيوم المصلد بالترسيب (Precipitation hardening) قبل شيوع استخدام هذه السبائك في الطائرات بسبع سنوات.

تتألف السبيكة من فلزين او اكثر (كالنحاس الاصفر الذي هو عبارة عن سبيكة مكونة من معدني النحاس الاحمر والزنك) او من عنصر فلزي وعنصر لا فلزي (فمثلا، تتكون سبيكة الفولاذ من الحديد والكاربون).

بصفة عامة، كلما تقاربت المسافات بين ذرات المادة، زادت صلادتها. تتسم بعض المواد المضافة – التي تستخدم لتحسين خصائص سبيكة مثل الالومنيوم 2219 (باضافة النحاس الاحمر والمغنسيوم) – بحجمها بالغ الصغر وتمثل نسبة مئوية ضئيلة من حجم السبيكة الاجمالي الى الحد الذي يصعب معه التعرف على شكل البلورات وترتيبها.

**وعلى الرغم من ان هذه المواد المترسبة لا يزيد حجمها عن بضعة نانومترات، فان تركيبها البلوري وشكلها وطريقتها في تصليد السبيكة يمكن رؤيته تحت المجهر الالكتروني النافذ ( TEM) وبالتحليل الشامل من خلال اجهزة الحاسوب.**

**ونظرا لقيام المواد المترسبة بتغيير التركيب البلوري للمادة، فانها قادرة كذلك على التأثير على خاصية القص (اي طريقة تكسر الجسيمات). تمثل هذه الخاصية مشكلة عندما يعتمد العلماء على خصائص المادة لاستغلالها باسلوب معين في تطبيق محدد. ولكن قد تتغير خاصية القص حين تتشكل المادة الاصلية على شكل سبيكة مختلفة التركيب. الا انه يمكن القول انه كلما زاد سمك السبيكة، قل زمن تعرضها للقص.**

**بما ان المواد المتضمنة بالسبيكة تتحد عند المستوى النانوي، يمكن كذلك ان تتغير الخصائص الحرارية لهذه السبيكة، فتصبح الطاقة المتولدة بين المادتين الممزوجتين حديثا اهم من الطاقة الداخلية لكل مادة على حدة. وبالتالي، قد تنصر مادة عند المستوى النانوي عند درجات حرارة اعلى او اقل بكثير من التي تنصهر عندها المادة الضخمة الاصلية.**

**استعان الباحثون بخصائص هذه الجسيمات بالغة الصغر في اختراع سبيكة جديدة من الالومنيوم والنحاس الاحمر والجرمانيوم والسليكون لاستخدامها في صناعة الطائرات والسيارات. هذا، وتتمتع السبيكة الجديدة بكثافة توزيع اكبر لمواد مترسبة غاية في الدقة ذات تركيبين مختلفين. تتميز السبيكة الجديدة عن الالومنيوم 2219 بكونها اكثر متانة واستقرارا، كما انها اكثر كفاءة عنه فيما يتعلق بالطاقة.**

قام العلماء بفحص التركيب الذري للمواد النانوية المضافة الى الاجسام الصلبة باستخدام المجهر الالكتروني، الامر الذي مكنهم من تجميع كمية كبيرة من المعلومات المتعلقة بكيفية التحكم في المواد عند المستوى النانوي.

## 13-8 المركبات النانوية Nano Compounds

تمثل المواد والعمليات التي تستخدم لفصل الجسيمات النانوية في المواد اللدائنية او المعدنية او الخزفية جزءا مهما من تقنية المركبات النانوية. ويتمثل اكبر استخدام لها في تكوين مركبات حبيبية بابعاد قريبة من المقياس النانوي، محققة بذلك متانة اعلى بسبب الزيادة الكبيرة في مساحة السطح.

تمتزج بعض الجسيمات النانوية الطفيلية بغيرها من المواد لتكوين المركبات النانوية. وتتألف هذه الجسيمات الطفيلية من المونموريونيت (Montmorillonite) وهي معادن طينية لينة من السليكات تنتفخ عند امتصاصها السوائل ، وتستخدم لتلوين الورق وفي مستحضرات التجميل. اضافة الى ما سبق، يعتمد الباحثون على هذه الانواع المعدلة من المعادن الطينية عند انتاج المركبات النانوية.

المركبات النانوية عبارة عن مجموعة جديدة من المواد المعدلة التي تتألف من مواد نانوية طفيلية منقاة بدرجة عالية يتم مزجها لتكوين راتنج المواد اللدائنية او الخزفية.

تتيح الادوات والتقنيات النانوية المتقدمة – بالاضافة الى اساليب معالجة التراكيب النانوية والجزيئات المنفردة وتنشيطها – الفرصة امام علماء المادة لاكتشاف الكثير من الامكانيات. وما زال هناك المزيد من الاكتشافات

**المهمة التي سيتمكن الانسان من التوصل اليها باستخدام المواد المهجنة او المركبات النانوية (بالمزج بين الانظمة الحيوية واللاعضوية المختلفة في بناء واحد متكامل).**

**ان المركبات النانوية تستعين بالجسيمات النانوية الطفيلية (Parasite ) لزيادة متانة الاجسام وصلادتها، لهذا السبب، استخدمت هذه التقنية في صناعة ابدان السيارات وسلالم صعود عربات الشحن.**

**كثيرا ما يتعرض سائقو سيارات السباق للحروق التي تنتج من ارتفاع درجة الحرارة داخل كابينة القيادة، تتولد هذه الحرارة عن ارتفاع حرارة الطبقة الواقية للمحرك وناقل الحركة وارضية السيارة لذلك تستخدم المواد النانوية لخفض درجات الحرارة المرتفعة التي تصل الى 150 درجة فهرنهايت داخل سيارات السباق.**

**حين زار احد متسابقي السيارات مركز الفضاء كينيدي ( Kennedy) الواقع في ولاية "فلوريدا" الامريكية، تعرفا على طريقة حماية مركبة الفضاء من الارتفاع الهائل في درجات الحرارة عند اختراقها الغلاف الجوي. وحينها، حاول التأكد ما ان كانت هذه التقنية تصلح لاستخدامها في سيارات السباق كذلك ام لا.**

**بعد ذلك قامت وكالة " روكويل " للالكترونيات ووكالة الفضاء الامريكية "ناسا" بتركيب المادة المركبة التي ابتكرتها وكالة ناسا ( NASA) في احدى سيارات السباق. لم يزد وزن هذه المادة عن اربعة ارطال مقارنة بوزن السيارة الاجمالي، كما انها لم تؤثر على اتزان السيارة او القدرة على التحكم فيها.**

**وبعد تجربة السيارة عدة مرات بسرعة بلغت نحو 200 ميل في الساعة، وجد ان الاجزاء التي اضيفت اليها المواد النانوية في كابينه السائق قد انخفضت درجة الحرارة فيها بنحو 50 درجة فهرنهايت او ما يزيد عن ذلك.**

**وبناء على ما سبق، فاذا استخدمت المواد النانوية خفيفة الوزن والماصة للحرارة في سباق السيارات، لاضحى هذا المجال آمنا بالنسبة للمتسابق ولسيارته، حيث ستبقى درجة الحرارة مناسبة بالنسبة للسائق، كما ان المحرك سيعمل بشكل افضل دون الحاق الضرر به نتيجة الحرارة المرتفعة. اضافة الى ما سبق، قد يفيد هذا التطبيق مركبات او اختراعات اخرى ترتفع فيها درجات الحرارة مثل البدل الواقية التي يرتديها عامل اطفاء الحريق. كما ان المواد النانوية الذكية اذا استخدمت في سترة الفضاء، تكون قادرة على حماية رائد الفضاء من ارتفاع درجة الحرارة او انخفاضها في اثناء سيره خارج مركبته.**

## 14-8 حلقات الذهب النانوية Nano Gold Rings

اثبت الباحثون انه عند تشكيل حلقة ذهبية بنصف قطر يبلغ نحو 60 نانومتر، فانها تكتسب خصائص مميزة تجعلها اداة مفيدة لاجراء التجارب عند المستوى النانوي. وتمثل هذه التجارب اهمية كبيرة بالنسبة للكيمياء الحيوية والشركات الدوائية عند انتاج دواء جديد.

تعتبر الجسيمات النانوية الفلزية غاية في الاهمية، حيث انها تقوم بامتصاص واصدار انواع معينة من الاشعة الضوئية بكفاءة عالية، حسب حجم الجسيم وشكله. في الاونة الاخيرة، اكد العلماء ان حلقات الذهب النانوية تتسم بخصائص بصرية وكهرومغناطيسية مميزة يمكن تعديلها بتغيير النسبة بين نصف قطر الحلقة وسمك الجدار.

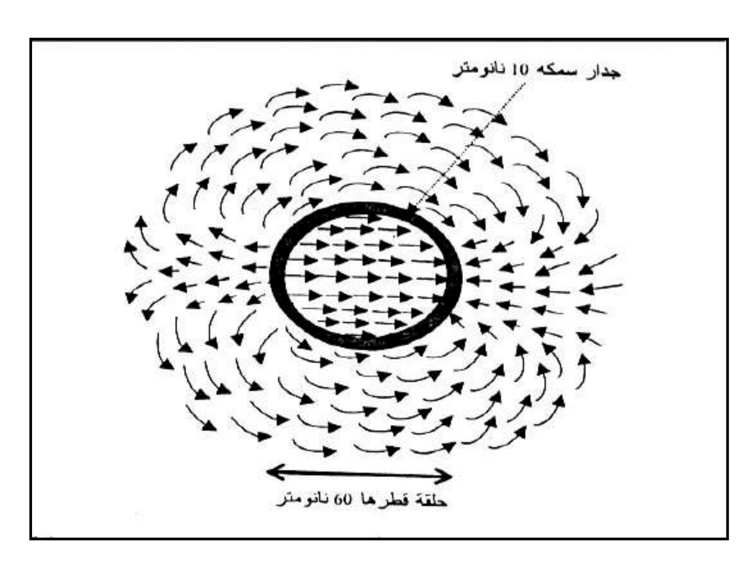
حين تسلط الاشعة الضوئية على حلقة الذهب النانوية، ينتج عن ذلك مجال كهرومغناطيسي اهتزازي قوي (تحت الاشعة تحت الحمراء القريبة) داخل الحلقة وحولها.

حين تسلط الاشعة الضوئية على الحلقة، فانها تقوم بذلك باستثارة الكترونات الفلز مكونة موجة تتذبذب بشكل معين حسب الطول الموجي للضوء وخصائصه الهندسية. ولتوضيح الصورة في الاذهان، تخيل الرياح وهي تصطدم بسطح بحيرة صغيرة، ستجد ان حركة الامواج فيها تعتمد على سرعة الرياح وحجم البحيرة وشكلها.

**هذا، وقد نجح العلماء في التوصل الى طريقة لتحقيق التزامن بين حركة الالكترونات والطاقة الضوئية المسلطة، كي يهتز الاثنان بالطول الموجي نفسه.**

**نتيجة لهذا الاهتزاز، يتولد مجال كهرومغناطيسي قوي يتذبذب داخل تجويف الحلقة. يبين الشكل ( 8–5) مجالا كهرومغناطيسيا داخل الحلقة وحولها يبلغ نصف قطره 60 نانومتر، في حين يصل سمك الجدار الى 10 نانومتر. تشير الاسهم الى اتجاه المجال الذي يتولد عن الالكترونات المستثارة.**

**يعمل المجال الكهرومغناطيسي داخل الحلقة في الجزء الخاص بالاشعة تحت الحمراء القريبة للطيف الكهرومغناطيسي. يمكن بعد ذلك استخدام الحلقة كوعاء لاختبار الجزيئات بشعاع ضوئي يقوي اشارات الاشعة تحت الحمراء. على سبيل المثال، ان الباحثين يدرسون بروتينات الانظمة الحيوية وتفاعلاتها الكيميائية عن طريق معالجتها باستخدام اشعة الليزر وتسجيل حجم الاشعة الضوئية الممتصة والمنبعثة عند ترددات معينة. فاذا قام الباحثون باجراء مثل هذه التجارب داخل الحلقة النانوية، لاستطاعوا التقاط اشارات الاشعة تحت الحمراء بشكل افضل وكذلك الحصول على معلومات دقيقة وواضحة.**




الشكل (8–5): المجال الكهرومغناطيسي للشعاع الضوئي داخل الحلقة النانوية.

## 15-8 التركيب الذاتي Self Construction

استطاع فريق من الباحثين تخليق الحلقات النانوية صناعياً باستخدام جسيمات الكويلت متناهية الصغر. يبلغ عرض الحلقات النانوية اقل من 100 نانومتر، لذلك، تقوم هذه الحلقات بتخزين المعلومات المغناطيسية عند درجة حرارة الغرفة. ولكن الاهم من ذلك، انه من الممكن تكوين هذه الحلقات عن طريق التركيب الذاتي.

تتحد جسيمات الكويلت الدقيقة مكونة مجموعة من الحلقات التي تعمل بمثابة قطع مغناطيس صغيرة الحجم لها قطب شمالي واخر جنوبي عند اقترابها من بعضها البعض. اضافة الى ذلك، فان المغناطيسية التي تتولد عند تكوين الحلقات النانوية تؤدي الى ظهور مجال مغناطيسي لام يسمى التدفق المغناطيسي. وعلى الرغم من يتكون تدفق مغناطيسي قوي داخل الحلقات

**نفسها ناتج عن القطبين المغناطيسيين للجسيم، يكون التأثير المغناطيسي الكلي معدوما خارج الحلقة بعد ان تتكون جسيمات الحلقات النانوية.**

**معنى ذلك ان الحلقات المغناطيسية يمكن ان تعمل بمثابة وحدات ذاكرة في الاجهزة لتقوم بتخزين المعلومات على المدى الطويل وتخزين معلومات ذاكرة الوصول العشوائي (RAM). تتسم هذه الحلقات بوجود مجال مغناطيسي يتحرك للامام وللخلف مثل عقارب الساعة، فيخزن المعلومات الثنائية، وقد اظهرت التجارب الاولية ان الحالات المغناطيسية للحلقات النانوية يمكن التحكم فيها، فعند استخدام مجال مغناطيسي يمكن تحريك وحدة بت ( Bit) من الحلقات النانوية للامام وللخلف بين 1 و 0 . بعد ذلك، ربما يؤدي ربط حلقات نانوية باسلاك نانوية موصلة للكهرباء الى زيادة التطبيقات المعتمدة على تخزين البيانات.**

## 16-8 الطبقات الذكية النانوية Nano smart layers

**ان تغليف كرات التنس بالطبقات النانوية يمنع تسرب الهواء الموجود بداخلها، الامر الذي يجعل كرة التنس صالحة للاستخدام فترة اطول بستة اضعاف من الكرات التي تستخدم مواد غرائية اخرى. كما تفيد الطبقات النانوية كثيرا في عملية حفظ المواد، حيث صار استعمال الطبقات المكونة من المواد النانوية الطفيلية والجسيمات النانوية من الامور الشائعة في جميع التطبيقات، بداية من كرات التنس والدراجات وحتى السيارات. تقوم هذه الطبقات بتحسين قوة الارتداد وتقوية الاجزاء التي تتأثر بشدة وجعل الاسطح مقاومة للخدش.**

## 17-8 مجالات الحماية والفضاء Space & Protection Fields

**لعملية التكسية بالطبقات النانوية العديد من الاستخدامات في مجالي الدفاع والفضاء. ومن هذه الاستخدامات:**

**-تحسين قدرة المكونات بمختلف انواعها على التحمل وزيادة الاعتماد عليها وتطوير ادائها.**

**-مقاومة التآكل والانزلاق والبلي بصفة عامة.**

**-تحسين جودة السطح.**

**-مقاومة التآكل الناتج عن التنقر والتقشر والتأكسد وارتفاع الحرارة.**

**يقوم العلماء بتخليق العديد من الطبقات النانوية المتعددة الاستعمالات لاستخدامها في تطبيقات الفضاء الجوي (الارض والفضاء المحيط بها)، مما سيوفر حماية ضد التآكل لانها مواد لا تضر بالبيئة. كما انه من المتوقع ان تكون لديها القدرة على اكتشاف عيوب التآكل والاعطال الميكانيكية التي تصيب سطح الطائرة، وكذلك، مقاومة العيوب الفيزيائية والكيميائية، وتحسين القدرة على الالتحام والترابط والمحافظة على بقاء قطع الغيار المعدنية لاطول فترة ممكنة. علاوة على ما سبق، يقوم الباحثون بدراسة المواد النانوية التي تمتاز بخفة الوزن والمتانة والاستقرار الحراري لاستخدامها في محركات الطائرات.**

**اما في مجال الحماية، فيمكن القول ان ما يعيب المستحلبات العادية هو كونها صناعة تحتاج الى عمالة كثيفة وتضر العاملين بها؛ اذ لابد من ان يستخدم العامل يده في دهان المركبة لاخفاء العيب الذي اصيبت به. نتيجة لذلك، خصصت وزارة الدفاع الامريكية مبلغ 10 مليار دولار سنويا لعلاج**

المشكلات الناتجة عن التآكل الذي يصيب المركبات (منها 2 مليار دولار مخصصة لعمليات الدهان والتقشير).

وبذلك، سوف يصبح من الممكن علاج اسطح المركبات العسكرية اذا اصابها خدش او تآكل باستخدام طبقات التغطية الذكية التي من الممكن ان تكتشف عيوب السطح وتصلحها. وقد يأتي يوم تستطيع فيه هذه المركبات تغيير لونها على ارض المعركة فتختفي بشكل فوري عن الاعداء، كما سيصعب اكتشاف الدبابات وغيرها من المركبات العسكرية.

## 18-8 الاغلفة النانوية Nano Shells

ان الطبقات البلورية عبارة عن نوع جديد من الجسيمات القابلة للتعديل بصريا والتي تتألف من لب عازل (كالسليكا مثلا) مغطى بطبقة فلزية رقيقة للغاية. تتميز هذه الطبقات – مثلها مثل المواد الذهبية – بقدرة امتصاص بصرية عالية نتيجة استجابة الكترونات الفلز للضوء. على سبيل المثال، يتولد عن قدرة الامتصاص الضوئي للمواد الغروانية الذهبية اللون الاحمر الزاهي الذي يظهر في شريط اختبار الحمل المنزلي.

بالمقارنة، فان الاستجابة البصرية للطبقات البلورية تعتمد على الاحجام المختلفة للب الجسيم النانوي، وكذلك على سمك طبقة الذهب. ومثلما يلعب الحجم دورا كبيرا بالنسبة للبلورات الكمية وحلقات الذهب النانوية، فانه يؤثر كذلك على خصائص التعديل البصرية. فاذا تغير تناسب اللب وسمك الطبقة، استطاعت الاغلفة البلورية النانوية الذهبية تغيير لونها عبر الاطياف الضوئية المرئية والاشعة تحت الحمراء القريبة. هذا اضافة الى ان هذه

**الطبقات البلورية يمكن جعلها قادرة على امتصاص الاشعة الضوئية او تشتيتها بتغيير حجم الجسيم بالنسبة للرنين البصري والطول الموجي.**

**تجمع الاغلفة البلورية النانوية – التي اكتشفها ناومي هالاس (Nawmi Halas) الاستاذ بجامعة "رايس" الامريكية – بين الكيمياء (التخليق) والفيزياء (البصريات) والهندسة (تعديل التركيب).**

**في عام 2001، شرع فريق من الباحثين في جامعة رايس ( Rice) باستخدام هذه الاغلفة في مجال الطب.**

**ويقوم هذا الفريق من الباحثين في الوقت الحالي باجراء العديد من التجارب لاختبار مدى فائدة الاغلفة البلورية بالنسبة للمجالات الاتية:**

**-المقايسة المناعية (Immunoassay) البصرية الشاملة للدم.**

**-عوامل التباين في التصوير البصري.**

**-استخدام التصوير الحراري في القضاء على الاورام السرطانية والانحلال البقعي ( macular degeneration وهو حالة طبية تعجز فيها خلايا استشعار الضوء في العين عن العمل مع مرور الوقت).**

**-توصيل الدواء الى خلايا معينة.**

**-صمامات الموائع الدقيقة التي يمكن تعديلها بصريا.**

**-الاستشعار الحيوي.**

**اضافة الى ذلك، تفيد هذه الاغلفة في تثبيط التأكسد الضوئي للاغشية البوليميرية.**

## 19-8 المواد المحفزة Catalysts Materials

على مدار سنوات طويلة، ظهرت مفاهيم خاطئة عن مجال التقنية النانوية بسبب روايات الخيال العلمي التي تتناول التجمعات الجزيئية الدقيقة (او الانسان الالي النانوي) بصورة غير حقيقة. بيد ان التجمعات الجزيئية (Molecular assembler) الطبيعية قد وجدت على الارض منذ زمن بعيد على شكل مواد محفزة (Catalysts).

المواد المحفزة عبارة عن عناصر تزيد من معدلات التفاعل الكيميائي دون ان تستهلك او تتعرض لاي تغير كيميائي دائم.

تقوم المواد المحفزة في الطبيعة – او ما تسمى بالانزيمات – بتركيب نواتج نهائية معينة، فهي تمثل مسارا بديلا تتم عن طريقه التفاعلات بطاقة تنشيط منخفضة (الطاقة اللازمة لاتمام عملية التفاعل). اما المواد المحفزة المخلقة صناعيا، فهي ليست دقيقة، اذ انها تصنع عادة من جسيمات فلزية على سطح مؤكسد وتعمل في بيئة تفاعل ساخنة. وكلما صغر حجم جسيمات المادة المحفزة، زادت نسبة السطح الى الحجم (اي كلما زاد حجم سطح المادة المحفزة، زادت كفاءة عملية التفاعل).

في عشرينيات القرن العشرين، شرعت العديد من الشركات الصناعية في استخدام جسيمات فلزية لتدعيم السطح عن طريق ترسيب الاملاح من محلول. ومع هذا، تباينت احجام هذه الجسيمات وكانت المسافات بينها (التباعد) عشوائية.

يعتبر الحجم والتباعد من اهم الاشياء التي ينبغي مراعاتها عند تخليق المواد المحفزة كي تكون بالكفاءة والدقة نفسها التي تتميز بها الانزيمات

**الطبيعية. وقد اثبتت الاختبارات ان بلورات البلاتين المنفردة التي يتراوح ارتفاعها بين 15 الى 20 نانومتر تقريبا وتبلغ المسافة الفاصلة بينها 100 نانومتر يمكن تخليقها صناعيا على سطح من السليكون المؤكسد يبلغ مساحته نحو 0.5 سم $^2$. واذا قسمت مساحة السطح الى نصفين، فستظل مصفوفات البلاتين المتراصة فعالة اكثر من بلورات البلاتين المنفردة بحوالي 20 مرة او يزيد. للسطح البيني الموجود بين الفلز والاوكسيد اهمية بالغة في عملية التحفيز، وقد يؤدي الى تخليق مواد محفزة نانوية عالية الكفاءة.**

**من المتوقع ان تقوم التقنية النانوية بتوسيع عملية تصميم المواد المحفزة في المجالات الكيميائية والنفطية والصناعية والدوائية والغذائية. وقد تمثل بعض المواد المحفزة النانوية التي تتفاعل مع التراكيب الحيوية عاملا مهما يربط بين المواد المحفزة التقليدية والانزيمية.**

## 8- 20 التغلف المجهري Microcapsules

**يعتبر البحث في مجال التغليف المجهري من اهم الابحاث بالنسبة للتقنية النانوية. فقد بدأت العديد من الشركات انشاء اوعية مجوفة متعددة الاغراض يمكن استخدامها في توصيل الدواء لخلايا الجسم وتصوير العلامات الحيوية وفي الكريمات الواقية من اشعة الشمس ومستحضرات التجميل والعطور. تعد هذه المقدرة على تغليف ما تحمله الجزيئات امرا مهما بالنسبة للتطبيقات الطبية والصناعية الجديدة.**

**تتركب الاغلفة المجهرية ذاتياً في درجة حرارة الغرفة حين تختلط جسيمات السيلكا متناهية الحجم بمحلول من البوليمرات والملح في الماء.**

**تستطيع الاغلفة المجهرية تغليف الانزيمات والجزيئات الحيوية المعقدة التي تحفز العديد من العمليات التي تتم داخل الخلايا او تتحكم بها. وقد بين العلماء كيفية تخزين الانزيمات داخل الاغلفة المجهرية دون ان تتسرب عبر الجدران المحيطة على الرغم من قدرة الجزيئات الاصغر منها في الحجم على التحرك عبر بنية الاغلفة المجهرية. ونظراً لان هذه الامكانية تتيح للانزيمات فرصة تحفيز التفاعلات الكيمائية مع الجزيئات الاخرى فقد تكون هذه التقنية مفيدة اذا ما استخدمت كمواد مفاعلة حيوية مجهرية في الصناعات الكيميائية والدوائية.**

**شجع اكتشاف الخواص الفريدة التي تميز المواد والتراكيب النانوية على ظهور العديد من الابحاث في مجال المادة فبدأ العمل بالفعل على تحسين اداء المنتج باستخدام مواد نانوية مثل الحشوات البلاستيكية والطبقات السطحية ودوائر الحاسوب ولم تزل التقنية النانوية تحمل العديد من الانجازات بالنسبة للمستقبل خاصة فيما يتعلق بتطوير المنتجات والعمليات والوعي العام.**

# الفصل التاسع

# التقنية النانوية في الاتصالات

# التقنية النانوية في الاتصالات

**Nanotechnology in Communications**

## 1-9 المقدمة Introduction

نظراً للتقدم الكبير في مجال تقنية الاتصالات، سميت العقود الاربعة الماضية بعصر المعلوماتية. فقد صار اتصال المرء بأهله واصدقائه وعلاقاته بالعمل امرا غاية في السهولة. كما ان ظهور شبكة الانترنت جعل العالم قرية صغيرة وسهل من عملية تبادل المعلومات.

لكن التقدم التقني لم يتوقف عند هذا الحد، فاستغلال خصائص المواد النانوية والاجهزة الجديدة سوف يحدث طفرة في عملية تبادل المعلومات. يمكن تصميم مكونات الحاسوب بالمقياس النانوي من اعلى الى اسفل وبالعكس. وتستخدم هذه الطرق كذلك في انشاء مكونات وسائل الاتصال مثل الهواتف المحمولة واجهزة اللاسلكي.

يرتبط العديد من خصائص الجسيمات النانوية اللازمة لتصنيع المجسات واجهزة الحاسوب بوسائل الاتصال كذلك. بل وقد تستخدم بعض هذه الخصائص (مثل البلورات الكمية ) في كلا المجالين. وتعد عملية ارسال الاشارات امراً مهما بصفة خاصة لاجهزة الاتصالات المختلفة، كما ستتعاظم اهميتها كلما زاد استيعاب العلماء وفهمهم لخصائص المادة.

**تحدث ظاهرة التشابك الكمي حين نعجز عن وصف كل فوتون بشكل مستقل ويصبح من الضروري تصنيف الفوتونات كحركة موجية، بحيث تؤثر المقاييس المستخدمة بنظام ما في باقي الانظمة في الوقت المناسب.**

**يحاول الباحثون دراسة كيفية قيام الجزيء المنفرد او مجموعة من الجزيئات باجراء عمليات حسابية باستخدام المتغيرات الالكترونية او المغناطيسية او الميكانيكية. ويعد تصميم جهاز وظيفي داخل احد الجزيئات امراً بالغ التعقيد ويمثل تحدياً كبيراً بالنسبة لباحثي الالكترونات الجزيئية، حيث ترتبط الوظيفة بقدرة الجزيء الفيزيائية على القيام بالعمليات الحسابية و المنطقية.**

**تهتم الكترونيات الجزيئات بالصعوبات التصورية والتجريبية والتصميمية، وهي صعوبات تقتضي الجمع بين هندسة الجزيئات وتفاعلاتها، وكذلك الكيمياء والتصنيع النانوي وتقنيات التغليف. بالنسبة لهندسة الجزيئات، تتمثل الصعوبة الكبرى في تحديد امكانية تفاعل الجزيء، او عمله بمثابة مفتاح او بنبيطة، او ادائه لاحدى الوظائف المعقدة (بوابة منطقة مثلا او وحدة حسابية). فاذا امكن تصغير احد الاجهزة الالكترونية حتى يصل الى حجم جزيء واحد لكل نبيطة، فقد تشبه تقنية الجزيئات في هذه الحالة أشباه الموصلات في مجال الالكترونيات النانوية.**

**لقد ادرك الباحثون ان ثمة موارد كمية كثيرة في الجزيء الواحد تحقق اكثر من وظيفة واحدة. ولكن يجب ان نأخذ في الاعتبار الطرق المختلفة لاختيار النموذج والبنيان المناسب للجزيء.**

## 2-9 وسائل الاتصال الكمية

**Quantum Commutation Devices**

**تركز الابحاث في مجال الاتصالات على التشابك الكمي( Quantum interlock). فحين يعجز العلماء عن فصل فوتونين متشابكين، تعتبر حركتهما هنا مترابطة بشكل مباشر. وقد لاحظ العلماء امكانية تكوين فوتونين متشابكين ضعيفي الطاقة من فوتون وحيد اعلى منهما طاقة.**

**تعتبر مسالة تبادل المعلومات الكمية عن بعد من المسائل المهمة بالنسبة لمجال الاتصالات الكمية الجديد. وتيسر بعض الادوات والطرق الحديثة اجراء التجارب الكمية والحصول على نتائج علمية وعملية مهمة.**

**لم يكن من اليسير في الماضي ملاحظة التشابك الكمي او تحليله او استخدامه اما اليوم فقد صار العلماء يتحركون بخطى سريعة في هذا الطريق. وفي حقيقة الامر، يعتبر التشابك الكمي اساسا لشفرة كمية سرية وآمنة، وكذلك لوغاريتمات قائمة على نظم الحاسوب ولتبادل كمي للمعلومات عن بعد.**

**تتيح المقاييس التي تعتمد على الانظمة الكمية سهولة ارسال المعلومات المتشابكة بواسطة مجموعة من الاشارات الى شخص ما، في حين يقوم الجهاز المستقبل او المكشاف المشفر بفك شفرة هذه المعلومات. ويتميز هذا النوع من الرسائل باستحالة اختراقه، نظرا لان الطرفين المرسل والمستقبل هما فقط من لهما حق فك شفرة هذه المعلومات، كما لا يمكن ان**

يكون لدى طرف اخر الجهاز المستقبل. وإذا حدث وتمكن طرف اخر من اختراق الاشارة، فسيكتشف الطرف المستقبل ذلك عن طريق القيام بعملية قياس بسيطة قبل قبول الاشارة.

نظرا لتميز هذا النوع من الاتصالات بالسرعة الفائقة، بالاضافة الى المكونات النانوية المستخدمة في مجال تقنية الحاسوب، شرع العلماء في استخدام الفيزياء الكمية لوصف العمليات الاساسية القائمة على نظم الحاسوب. وحتى في العالم النانوي، لابد من مراجعة كيفية عمل جهاز الحاسوب.

## 3-9 الدوران الكمي Quantum Rotation

يتميز الحاسوب الكمي بقدرته على معالجة وتخزين كميات هائلة من المعلومات التي تفوق طاقة استيعاب الاجهزة الالكترونية اليوم. يرجع ذلك الى قدرة الحاسوب الكمي على العمل في وجود العديد من الحلول الاخرى البديلة. لا يتسم الحاسوب اليوم بهذه الخاصية، بل انه يستغرق فترة طويلة للغاية في المرور بجميع خطوات احدى العمليات الكبيرة مثل المحاكاة او التشفير او شبكات الاتصال. اما المعالجة الكمية، فستكون قادرة على العمل بسرعة اكبر ملايين المرات من اجهزة الحاسوب الفائقة اليوم.

نظرا لانه ينبغي للباحثين في مجال الاتصال او الاحصاء الكمي القائم على اجهزة الحاسوب الاعتماد على فيزياء الكم لتفسير التفاعلات الميكانيكية الكمية، فقد شرعوا في الاستعانة بمجال جديد. تتميز الاتصالات الكمية بقدرتها على فك جميع انواع الشفرات المعقدة وانتاج اعداد عشوائية حقيقية

**وارسال الرسائل التي تحذر الطرف المرسل والمستقبل من وجود احد المتطفلين.**

**يعتمد الاحصاء الكمي القائم على اجهزة الحاسوب على الخصائص الكمية للجسيمات النانوية عند القيام بالعمليات الحسابية، مثل خاصية الدوران الالكتروني الكمي. يعتبر مفهوم الدوران معقدا الى حد ما، ولكن يمكن القول انه يقاس بقيمة تصل الى 2/1− أو +2/1 . ويربط الباحثون بين قيم الدوران سابقة الذكر ولغة الحاسوب (مثل اللغة الثنائية التي تعتمد على الرقمية 1 و 0 ، بحيث تساوي القيمة + 2/1 الرقم 1 ، في حين تساوي القيمة −2/1 الرقم 0 ) . فاذا اعتبرنا الالكترون مثلاً اصغر وحدة للمعلومات الرقمية وهي البت (Bit) فستكون لاجهزة الحاسوب الكمية التي تقوم بمعالجة الدوران الالكتروني وحدة اساسية تسمى البت الكمي.**

**تعتبر القدرة على تخزين المعلومات او ارسالها على الالكترون عملية معقدة للغاية، بيد ان دوران الالكترون لا يتحدد الا بعد قياسه (اي ان يظهر الدوران خواص كل من +2/1 أو 1 و −2/1 أو 0).**

**ان الدوران الالكتروني يتأثر بالضوء، فالاطوال الموجية ونوع الشعاع الضوئي المستخدم (كالشعاع المستقطب مثلا) ونسبة النبضات الضوئية تمثل برنامجا للالكترونات الخاصة بجهاز الحاسوب الكمي. بيد ان المفاجأة الكبرى تتمثل في انه نظرا لان الدوران الالكتروني لا يظهر الى ان يتم قياسه، فان الامر الواحد الموجه لجهاز الحاسوب قد يقوم بعمليتين في وقت واحد لكل من 0 و 1. كما يمكن الربط بين وحدات البت الكمي معا كي تؤثر حالة**

**الوحدة الواحدة على باقي الوحدات تماماً مثل التأثير التراكمي الذي ينتج عن حدث يؤدي الى وقوع سلسلة اخرى من الاحداث المتشابهة.**

**ومثال على ذلك، 2 من وحدات البت الكمي لها اربع اشكال ممكنة: (00) و (01) و (10) و (11). يمكن استخدام العمليات الحسابية التي تعتمد على البت الكمي للعمل مع الحالات الاربع جميعها. وهذا يأخذنا الى مجال التشابك الكمي.**

**جدير بالذكر ان البت الكمي وعملية معالجة الدوران الالكتروني لن يسرعا اداء الحاسوب واجهزة الاتصالات وحسب، وانما ستقوم هاتان الوسيلتان بتوفير الوقت والجهد المستهلك في القيام بالعديد من العمليات، الامر الذي من شأنه ان يطور مجالي التأمين الرقمي والبحث في قواعد البيانات.**

**من الضروري ان نأخذ في الاعتبار ان التحكم في الالكترونيات المتشابكة امر يسير، وان تغيير مسار الالكترونات عند المقياس النانوي لا يتطلب مجهوداً. فان اي تفاعل يتم بينهما وبين البيئة مثل الذبذبات والفوتونات الشاردة قادر على القيام بذلك. تسمى هذه العملية بالتفكك ( Do coherence). فاذا حدثت في اثناء الاحصاء الكمي القائم على اجهزة الحاسوب، ينتج عنها خطأ او عطل.**

**توصل الباحثون الى مجال جديد اطلقوا عليه اسم تصحيح الخطأ الكمي (Quantum error correction)، وذلك لحماية الانظمة الكمية. ولكن ثمة مشكلة، وهي ضرورة عدم تأثر الانظمة الكمية بالبيئة المحيطة اذا**

اردنا ان نحافظ على استمرارها لفترة طويلة قبل حدوث عملية التفكك. ويتمثل الحل في تصميم جهاز حاسوب كمي قادر على التعامل مع التفاعلات الداخلية القوية دون ان يتأثر بالبيئة المحيطة.

هذا، ولابد من القيام باجراء المزيد من البحوث لتحقيق الاستقرار لوحدات البت الكمي. في الوقت الراهن، تحدث عملية التفكك بعد القيام بنحو 1000 عملية، وتعتبر هذه نسبة الخطأ هذه غيرمقبولة في حالة تبادل المعلومات. بيد ان الاعتماد على بعض المواد مثل البلورات النانوية قد يحل هذه المشكلة.

## 4-9 العقبات الكيميائية Chemical Obstacles

بالنسبة لوسائل الاتصال التي تعتمد على البيانات والشحنات الكهربائية وتبادل الطاقة بين الجزيئات والاجسام الاكبر في الحجم، لابد من التوصل الى سبيل لجعل دقة التصنيع وتحديد موضع الاسطح للذرة الواحدة او الجزيء او السلك الكمي افضل من 0.1 نانومتر.

لتعديل وتحسين المواصفات التصنيعية التي تبدأ بالمقياس النانوي وترتبط بعالم الاجسام الكبيرة، ينبغي التوصل الى الطرق المناسبة. لتحقيق ذلك، لابد من الاهتمام بالحركات الدقيقة. وفي الواقع، يعتبر تحديد موضع الذرات بدقة مرتبط بمجالات نقل الجزيء الواحد من الاسطح الفلزية الى الاسطح شبه الموصلة ثم الى وصلة اخرى خارجية اكبر حجماً. تهتم العديد من المجالات البحثية بحل المشاكل المرتبطة بمشكلة هندسة الحاسوب او الهندسة الفيزيائية او الكيميائية او الميكانيكية او هندسة المواد.

**لا تتمثل الصعوبة الوحيدة في مجال الاتصالات النانوية في تصميم لوحة دائرة جزيئية للقيام بالوظائف الالكترونية او القيام بدور بوابة رقمية للدائرة. بل هناك عقبة كبيرة امام علماء الكيمياء الا وهي التوصل الى سبل لتزويد لوحة الدائرة بمجموعات كيميائية فرعية لا تؤدي وظائف تشغيلية مباشرة. وفي الوقت نفسه، عليهم حماية بقية التفاعلات الاخرى في اثناء تجميع او تثبيت جزيئات معينة على الطبقة التحتية.**

**على سبيل المثال، تمثل القدرة على تحريك لوحة الجزيئات بعيداًعن سطح التفاعل في الوقت نفسه الذي يستخدم فيه مجهر المسح النفقي لمعالجة الجزيئات المنفردة مشكلة كبرى. وللحفاظ على التوصيل قوياً، لابد من ان تتميز المجموعات الكيميائية الفرعية بوجود توصيل كهربائي قوي بين الاجهزة الجزيئية او اسلاك توصيل الدائرة المحلية / المنطقية. في الوقت الذي تضاف فيه مواد نهائية بسيطة مثل الكحول الكبريتي (مواد كيميائية تحتوي على كبريت)، فان عملية مجموعات فرعية اخرى تصبح معقدة في اثناء عملية التركيب الذاتي. ونظراً لصعوبة هذه العملية، لابد من ايجاد بدائل اخرى.**

**لم يزل التصنيع والتغليف الذي يتم بدقة بمقياس نانوي في بداية الطريق، على الرغم من ان تجارب عدة تؤكد امكانية تحقيق ذلك بنجاح. وعليه، ستستطيع الجزيئات بالتدريج تركيب هياكل بشكل ذاتي مثل الوصلات الموصلة ببعضها البعض، وما ان تنتهي هذه المشكلة حتى يصبح من الممكن نقل الاجهزة الجزيئية المنفردة او البوابات المنطقية من المختبرات وطرحها في الاسواق.**

**يتيح لنا عصر التقنية النانوية الفرصة لاكتشاف خصائص جديدة للمواد عند المستوى النانوي، بل واستغلالها كذلك لصالح البشرية. ومن امثلة ذلك، اكتشاف طرق للتحكم في الذرات والتراكيب الالكترونية عند المستوى النانوي، وتوفير الادوات القادرة على تعيين المواد والتراكيب والخصائص بالمقياس النانوي في وقت وجيز، وقدرة الحاسوب على التحليل بداية من المستوى الذري وحتى الاجسام كبيرة الحجم.**

**والى اليوم، ليست هناك محاولات كبيرة لاستخدام ادوات تمييز المواد وتخليقها وتشكيلها بهدف فهم تراكيب المواد النانوية والتحكم فيها، باستثناء فيما يتعلق باشباه الموصلات وما شابه ذلك من مواد، بيد ان ثمة الاف الخصائص الاخرى التي تميز المادة والتي ستفيدنا في انتاج مواد نانوية جديدة.**

## 5-9 الحجم Volume

**يؤدي تغير الحجم الى حدوث تغير مقابل في طبيعة سلوك الجسيمات. فمثلاً، اذا صغر حجم الجسيم النانوي عن الطول الطبيعي للالكترونات او الفوتونات (طاقة الذبذبة) فان ذلك يؤدي الى ظهور اشكال جديدة من التيار الكهربائي والانتقال الحراري. وفي الثمانينيات من القرن العشرين ظهرت التيارات ضعيفة التوصيل الكهربائي للحلقات الفلزية، ومؤخرا في انتقال التيار الفائق في انابيب الكاربون النانوية، وثمة خصائص اخرى جديدة ظهرت مثل تأثر الاطوال الموجية للضوء بابعاد البلورات الكمية.**

**تتغير الخصائص الديناميكية الحرارية، بما في ذلك المغناطيسية والكهرباء والقدرة الفائقة على التوصيل، عندما تصبح التراكيب بالغة الضآلة**

**وتحتوي على عدد ضئيل من الجسيمات النانوية او على نظام بالحجم نفسه الذي يميز حجم الجسيم. وتتميز هذه الانظمة التي يتراوح حجمها بين بضعة اجزاء من عشرة من النانومتر الى عشرة نانومتر تقريبا، بانها تقع بين الاحجام العادية والكمية.**

**في الوقت الحالي، ادى التقدم في تخزين البيانات وتقنية المعلومات الى زيادة اعداد الابحاث التي تتناول الخواص المغناطيسية عند مستوى نانوي. وتتمتع مغناطيسية الجزيئات المعقدة (التي تحتوي على الكثير من الذرات بمغناطيسية مركزة) بخواص غير عادية. فعلى سبيل المثال، تمكن فريق من العلماء من تحسين قدرة التصوير بالرنين المغناطيسي عن طريق القياس المباشر لاشارة مغناطيسية ضعيفة تصدر عن الكترون واحد داخل عينة صلبة. وتعتبر هذه النتيجة مهمة في تصميم مجهر يكون صورا ثلاثية الابعاد للجزيئات بدرجة دقة وضوح ذرية.**

**وسوف يتيح استخدام هذا المجهر للعلماء والمهندسين دراسة المواد (مثل البروتينات والعقاقير والدوائر المتكاملة والمواد المحفزة الصناعية) عن كثب، فمثلا، سوف تزداد قدرة مصممي الالكترونيات على تصميم الدوائر المتكاملة وتحسين ادائها اذا عرفوا الموضع الصحيح لذرة معينة داخل تراكيب الكترونية متناهية الضآلة. علاوة على ذلك، يعد مجال الاتصالات او الالكترونيات الذي يعتمد على الدوران بدلا من شحنة الالكترونات في الاجهزة النانوية المغناطيسية احدث سبل التطوير.**

**سوف يؤدي التغير في القوة التركيبية لاحد العناصر بالغة الصغر وكذلك خصائص الاحتكاك وتدفق الموائع (مثل المزيتات) الى ظهور طرق**

**تصميم جديدة لاجهزة نانوية. وعلى الرغم من ذلك، فثمة بعض العيوب الناتجة عن العمل بمقياس نانوي. فاذا اراد العلماء تصنيع الاجهزة عند مستوى نانوي، عليهم دراسة خصائصها المعيارية، وعليه، ستتغير كذلك خصائص التغير الميكانيكي والتصدع وزيادة شد السطح والانتشار والتآكل التي ترتبط جميعها بنسبة مساحة السطح الى الحجم. حتى خصائص الحرارة بالنسبة للاجهزة النانوية ستختلف كلياً عن الاحجام الكبيرة بعد تصغيرها.**

## 6-9 تغير المقياس الزمني Time Scale Change

**من السهل ملاحظة كيفية تغير الاشياء كلما صغرت احجامها حيث يؤثر تعديل الحجم على المقياس الزمني كذلك، فمثلا، الوقت المستغرق في تناول وجبة كاملة اكبر بكثير من الوقت المستغرق في تناول طبق واحد صغير.**

**من الناحية العلمية، لابد من توفر ترددات ضئيلة لتحريك الاجسام لمسافات قصيرة بسرعة ثابتة معينة (الفوتونات والالكترونات مثلا). فكلما قصرت هذه المسافة، قلت الترددات اللازمة لتحريك الاجسام. ومع هذا، فهناك بعض التغيرات الاخرى المهمة مثل تأثيرات السطح مقارنة بالتفاعلات الداخلية.**

**من المعروف ان الحاجة أم الاختراع، فمثلما ادت حاجة العلماء لدراسة الخصائص الجوهرية للمواد النانوية الى اختراع مجهر التصوير الذري، فان حاجتهم كذلك الى قياس سرعة العمليات الكمية تتطلب اختراع ادوات قياس جديدة.**

## 7-9 علم البصريات النانوي Nano Optics Science

وهو العلم الذي يعنى بدراسة الترددات الضوئية عند المستوى النانوي، حيث يكون حجم الجسيم اصغر بكثير من الطول الموجي للشعاع الضوئي. لا يعتبر تأثير الموجات الكهرومغناطيسية كبيراً في الاماكن الضيقة (حيث تقل عن او تساوي نصف الطول الموجي)، لهذا يرى الباحثون ان الجسيمات النانوية تتذبذب في المجالات الكهربائية عند ترددات ضوئية وتتحرك مثل الموجات الكهرومغناطيسية.

يسمى الحامل الاساسي للطاقة والترابط في علم البصريات بالبلازما السطحية المشحونة (Surface Plasmons SP).

تحدث هذه المجالات الكهربائية بعض الظواهر الضوئية القوية، اشهرها ظاهرة التشتت السطحي لاشعة "رامان" ( Surface chanced scattering (SERS). حين تتشتت الاشعة الضوئية من احدى الذرات او احد الجزيئات، ترتد معظم الفوتونات بمرونة في المنطقة المحيطة (تشتت رامان). تحتوي هذه الفوتونات المشتتة على الطاقة (الترددات) والاطوال الموجية نفسها التي تتمتع بها الفوتونات المحيطة.

تحدث ظاهرة تشتت " رامان" عندما تمتص الجزيئات الفوتونات قبل ان تقوم الالكترونات المستثارة بتشتيت الطاقة عن طريق ابتعاث فونونات (ذبذبات التركيب البلوري للمادة) وفوتونات تتمتع بطاقة ضعيفة عن طاقة تلك الممتصة.

على الرغم من ذلك، يتشتت جزء صغير من الشعاع الضوئي (نحو 1 في كل 100 فوتون) عند ترددات ضوئية اقل من تردد الفوتونات المحيطة. وفي حالة الغازات، تحدث ظاهرة تشتت رامان (Raman scattering) مع تغير في الطاقة الذبذبية او الدورانية للجزيء.

تحدث هذه الظاهرة عادة باستخدام طبقة تحتية ( Substrate) من الفضة او الذهب. تتأثر جزيئات الذهب والفضة بشعاع الليزر سريعا، فتؤثر المجالات الكهربائية الناتجة على الجزيئات الاخرى المجاورة كي تفعل ظاهرة تشتت رامان. وفي هذه الحالة، يستطيع الباحثون دراسة ذبذبات الروابط الكيميائية داخل الجزيئات.

## 8-9 اشباه الجسيمات Quasi Particles

ان شبه الجسيم عبارة عن جسيم واحد يتحرك داخل نظام ما ومحاط بمجموعة من الجسيمات الاخرى التي تدفع او تسحب نتيجة الحركة التي يقوم بها (مثل الاثر الذي تخلفه السفينة عند ابحارها في المياه)، مما يؤدي الى تحريك الكل كجسيم واحد حر. وتعتبر اشباه الجسيمات من اهم الافكار الجديدة المطروحة على الساحة اليوم في مجال الفيزياء، نظرا لانها تنطبق على العديد من الانظمة.

تسمى اشباه الجسيمات التي تتميز باستثارة ضعيفة ومستوى طاقة ضعيف بالاستثارة الاولية.

في ميكانيك الكم، يقصد بحالة الاستثارة لاحد الانظمة (مثل الذرة او الجزيء او النواة) اي حالة كمية تتسم بطاقة اكبر من حالة الخمود (الحد الادنى من الطاقة).

لا تشكل تفاعلات اشباه الجسيمات اهمية كبيرة اذا تمت في درجات الحرارة المنخفضة، بيد ان درجة الحرارة المنخفضة تسهل على العلماء دراسة تدفق اشباه الجسيمات وخصائصها الحرارية. وفي حقيقة الامر، فان معظم النظم التي تتالف من عدة جسيمات تتكون من نوعين من الاستثارات الاولية: اشباه الجسيمات التي تتغير حركتها نتيجة التفاعلات التي تتم بينها وبين غيرها من الجسيمات في هذا النظام، والحركة المختلطة للنظام باكمله. يطلق على هذين النوعين الحالات الجماعية، وتشمل ما يسمى بالبلازما السطحية المشحونة (SP).

ان البلازما السطحية المشحونة عبارة عن شبه جسيم ينتج عن التذبذب الذي يحدث للجسيمات وهو يتحرك حركة افقية ورأسية.

تلعب البلازما السطحية المشحونة دورا كبيرا بالنسبة للخصائص البصرية للفلزات. ففي حالة معظم الفلزات، يكون تردد الضوء في مدى الطول الموجي للاشعة فوق البنفسجية، الامر الذي يؤدي الى لمعانها في المدى الضوئي. على سبيل المثال، يتسم الذهب والفضة بترددات ضوئية في المدى المرئي، الامر الذي يمكننا من رؤية الالوان التي تبدو عليها هذه الفلزات او المعادن.

وقد اكتشف العلماء اهمية البلازما السطحية المشحونة بالصدفة (مثلما حدث في معظم الاكتشافات العلمية) في عام 1989. حيث قام احد الباحثين يدعى توماس ابسين (Tomas Abseen) بتسليط شعاع من الضوء على رقاقة من الذهب تحتوي على 100 مليون ثقب (يبلغ عرض كل ثقب نحو 300 نانومتر). وكانت جميع الثقوب اصغر من اقصر الاطوال الموجية (نحو 400 نانومتر) للاشعة الضوئية المرئية. يعد ذلك اشبه بمحاولة دفع كرة بيسبول عبر ثقب لا يكفي حجمه الا لكرة تنس الطاولة الصغيرة. تنبأت نظرية الكم البصرية بان حوالي 1/1000 فقط من الضوء المسلط على الثقوب هو الذي سيعبرها ويخترقها. بيد انه بتسليط الضوء على الرقاقة، فان اكثر من نسبة 100% منه قد تمكن من العبور، بل ان الاشعة الضوئية التي عبرت الى الجانب الاخر وجد انها اكبر من تلك التي سلطت. كررت التجربة عدة مرات وروجعت النواحي المختلفة لهذه التجارب المتكررة، ولكن كانت النتيجة دائما واحدة.

وعلى الرغم من ذلك، ففي عام 1998، انضم عالم الفيزياء بيتر فولف (Peter Volv) الى شركة (NEC) اليابانية وعرف بشأن تجارب الضوء التي اجراها ابسين من قبل. كان " فولف" قد درس طبيعة سلوك الالكترونات على الاسطح الفلزية (حيث انها تسلك سلوك الموجات على الاسطح). لهذا، قام باجراء التجربة بنفسه، واكتشف ان الالكترونات تسلك سلوك الموجات لا الجسيمات، الامر الذي يؤدي الى مرور قدر اكبر من الضوء عبر الثقوب مقارنة بالاجسام الكبيرة (اذا كانت الاطوال الموجية مناسبة وصحيحة).

ينوي العلماء حالياً استخدام البلازما السطحية المشحونة في نقل بيانات الحاسوب، بما انها قادرة على نقل البيانات بشكل اسرع من الالكترونات عن طريق المسارات الموصلة كشرائح الحاسوب القياسية.

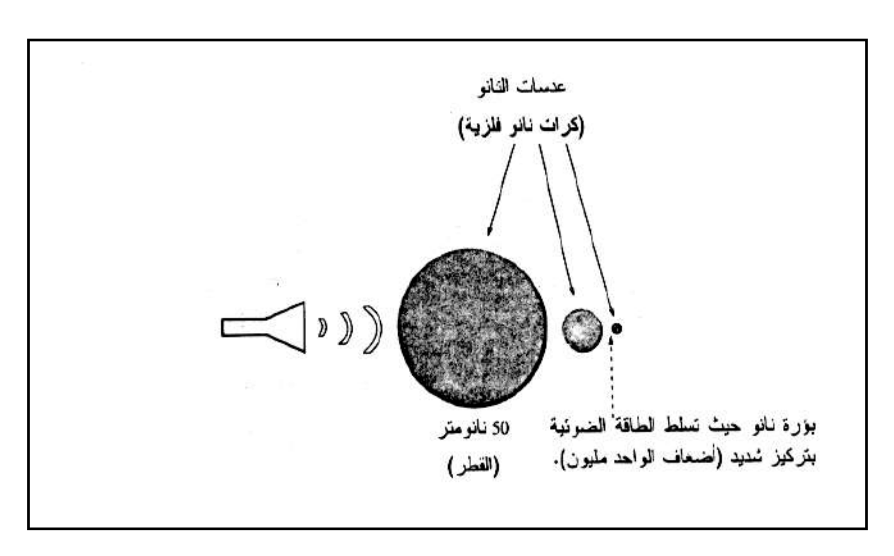
## 9-9 العدسات النانوية Nano Lenses

يحاول العلماء التوصل الى طريقة لتسليط شعاع الضوء على نقطة لا يتعدى قطرها بضع ذرات ومكبرة ملايين المرات. يمكن تسليط شعاع الضوء على نقطة محددة متناهية الصغر باستخدام عدد من الكرات النانوية الفلزية الدقيقة والمنفصلة. يعد ذلك اشبه باستخدام عدسة لتسليط الاشعة الشمسية على فرخ لحرق بقعة معينة به.

يمكن الاعتماد على هذه الطريقة في الكشف البصري المتعلق بالجسيمات المتناهية الصغر ومعالجة الجزيئات او الجسيمات النانوية المنفردة وغيرها من التطبيقات الاخرى.

يعتمد النموذج البسيط من العدسات النانوية على صف من ثلاث كرات نانوية متدرجة الاحجام (يتراوح قطرها ما بين 5 الى 50 نانومتر). يوضح الشكل (9–1) كيفية تسليط الطاقة الضوئية باستخدام العدسات بالغة الصغر. وحين تضاء اكبر الكرات، تمر موجة من الالكترونات المتذبذبة ( SP) على سطح هذه الكرة مكونة مجالات كهربائية متذبذبة (مما يذكرنا بالتجارب التي اجراها " فولف" ومن سبقوه).

يخترق هذا المجال مجموعة الكرات حتى يصل الى نقطة تقع بين اصغر الكرات وما يليها من حيث الحجم. فاذا وصلت معظم الطاقة الضوئية الى هذه النقطة، يتضاعف حجمها ملايين المرات.




الشكل (9–1): تسليط الطاقة الضوئية باستخدام العدسات النانوية.

ان لعملية التضخيم هذه فوائد عديدة بالنسبة للانواع المختلفة من التصوير الطيفي، حيث يمكن تسليط البلازما السطحية المشحونة على جهاز ليزر يسمى الاسبيزر (Al–Spaser) وهو جهاز يقوم بتضخيم هذه البلازما بانبعاث الاشعاع المنشط. يمكن استخدام الاسبيزر لتصوير الجسيمات النانوية الفلزية والوسائط النشطة التي تحتوي على بلورات كمية شبه موصلة.

ريما يقدم علم البصريات النانوي قفزة هائلة لم تتكرر في عالم الاتصالات منذ ظهور كابلات الالياف البصرية. ومنذ ان بدأ العلماء اجراء

**الابحاث في مجال الطاقة الضوئية، صارت قدرة العلم والهندسة على تطوير الاتصالات وتبادل المعلومات وعمل الشفرات واقعا حقيقيا.**

## 10-9 عمليات التشكيل والقياسات التفاعلية

**Formation Processes and Measurements Interactive**

**ان المحاكاة المعتمدة على اجهزة الحاسوب للاجسام الكبيرة الحجم غاية في الاهمية لفهم خصائص وظواهر الاجسام المتناهية الصغر. ونظرا لعدم وضوح العلاقة بين الخصائص الالكترونية والبصرية والميكانيكية والمغناطيسية للتراكيب النانوية من ناحية وبين احجامها واشكالها وسطحها وتركيبها (باستثناء ما يتعلق باشباه الموصلات وانابيب الكاربون النانوية) من ناحية اخرى، فلابد من القيام بمزيد من عمليات التشكيل والتصميم.**

**في حالة الجسيمات المتناهية الصغر، تتساوى التقلبات الحرارية والكمية تقريبا مع طاقة تنشيط الاجهزة (الطاقة اللازمة للتغلب على مشكلة القصور الذاتي). من الضروري ان تضم النماذج الاحصائية هذه التغيرات لفهم من الصورة الكلية بدقة. كما ان نماذج المحاكاة على اجهزة الحاسوب والتي تعتمد على الوسائل الكمية لازمة لفحص اداء الاجهزة النانوية. ولا ننسى ان عمليات المحاكاة المعتمدة على الحاسوب تلعب دوراً كبيراً في تصوير المواد متناهية الصغر وتصميم مواد ومنتجات نانوية جديدة.**

## 11-9 ارسال الاشارات Sending Sights

مثلما تحقق الاكتشافات التقنية تقدما كبيرا في مجال الاتصالات (مثل محركات اقراص الفيديو الرقمي الـ DVD والوسائل اللاسلكية والكابلات عالية السرعة)، فهناك تركيز كذلك على اهمية المقاييس. تعتبر مقاييس الاتصالات مهمة عند ارسال الرسائل عبر عدة وسائط ومن جهاز لاخر. وان لم تكن هناك مقاييس، لن تعمل وسائل الاتصال بالشكل المناسب بين الانظمة.

حتى يتم الاتصال، ينبغي ان تكون اطراف الاتصال على الطول الموجي نفسه. واذا حدث سوء فهم ما، يقال ان اطراف الاتصال غير متزامنة. اما اذا فشلت ادوات الاتصال في القيام بعملها، تكون هذه هي المشكلة غالباً. وبناء على ذلك، يعتبر مقياسا الزمن والتردد وغيرها من ادوات القياس الاخرى غاية في الاهمية عند ارسال واستقبال الرسائل.

ان وكالات وضع المقاييس والمعايير تضع الان مقاييس بالغة الاهمية للتقنية النانوية وفائدتها بالنسبة لوسائل الاتصال. اذ ان ثمة علاقة قوية تربط الاشارات الترددية اللازمة بالنسبة للراديو والتلفزيون والهاتف والانترنيت و غزو الفضاء. ولسوف يكون من الضروري تطوير مقاييس الاطوال الموجية والالياف البصرية في مجال البصريات والاتصالات اللاسلكية لتتماشى مع الاجهزة النانوية الجديدة كي يتوافق عمل كل جهاز مع الاخر.

## 12-9 الشبكات Networks

تعتمد وسائل الاتصال العالمية على شبكات الحاسوب لاستغلالها في مجالات التجارة الالكترونية والرعاية الصحية والتعليم والعلوم والترفيه. تتطلب الشبكات التي تعتمد على التقنية النانوية اللجوء الى واضعي بروتوكولات الشبكات لمراجعة الانظمة او المكونات بتقنيات اختبار وقياس جديدة. لابد من تطوير الشبكات عالية السرعة وتقنيات الانترنيت وشبكات الوسائط المتعددة والشبكات اللاسلكية والمقاييس الجديدة، وذلك لمواجهة الحاجة الى السرعة والمقاييس الكمية المطلوبة.

## 13-9 التقنية اللاسلكية

## Wireless Technology

اضحت التقنية اللاسلكية بالنسبة للكثيرين اهم معالم التقنية التي تم التوصل اليها حديثا. وبعد التطور الذي حدث في وسائل الاتصالات، زادت اهمية الاتصال بين الافراد في العديد من المجتمعات. قد لا يرى البعض في ذلك فائدة كبيرة، بيد انه واقع حال.

لاشك في ان المكونات الدقيقة المعقدة اللازمة لاجهزة التليفون المحمول وغيرها من ادوات الاتصال صغيرة الحجم قد غيرت حياتنا وعلاقتنا بالمحيطين بنا بشكل كبير. وبالتالي، صار من الشائع جدا ان يزعجنا رنين اجهزة الاتصال في كل مكان، في قاعات السينما والحفلات المدرسية والاجتماعات.

تيسيرا لعملية الاتصال، لابد من ان تعمل بعض المكونات الاساسية في نطاق واسع ومتنوع من درجات الحرارة. وقد طورت التقنية النانوية صناعة الاجهزة اللاسلكية بتطويرها المواد الخزفية مثل مرشح الاجهزة اللاسلكية والرنان ( Resonator) والمذبذب (Oscillator) بالاضافة الى الاغشية الخزفية الرقيقة.

## 14-9 حماية الحاسوب والاشخاص

**Protection Computer and Persons**

لا يهتم بعض الافراد باقفال ابواب البيت او السيارة عند سفرهم، بيد ان المدنية ونمط الحياة السريع تسببا في ظهور ظواهر اجرامية مثل التلصص على الرسائل الشخصية والاحتيال وانتحال الشخصية. وتقوم العديد من هذه الجرائم على استخدام الحاسوب ووسائل الاتصال.

تحتاج هيئات التحقيق والطب الجنائي الى ادوات عالية الكفاءة للتحقيق في جرائم قرصنة البرامج وانتهاكات حقوق الملكية وسوء معاملة الاطفال وغيرها من الجرائم التي تعتمد على ملفات المعلومات. وتشمل هذه الادوات نظماً تقوم بمطابقة بصمات الاصابع واستخدام تقنية التعرف على ملامح الوجه ليتم استخدامها من قبل الجهات القانونية المختصة.

لكي يقوم رجال الشرطة ورجال الاطفاء وفريق الاسعاف الطبي بعملهم (في حالات الطوارئ مثل حدوث عطل كهربائي او بعض الكوارث الطبيعية او غيرها من العوامل ) ، فهم بحاجة الى اجهزة اتصال فائقة السرعة وعالية الكفاءة تساعدهم على الاتصال ببعضهم البعض بيسر وسرعة. بيد انه ينبغي

ان تكون انظمة الاتصالات المهمة مشفرة ومؤمنة لتفادي محاولات التلصص المعلوماتي. من المحتمل ان تحقق اجهزة التقنية النانوية البصرية هذا بتطوير وسائل الاتصال الكمية.

## 15-9 التسجيل بالفيديو Video Recording

اصبح للبث الرقمي الذي حل محل بكرات الافلام وشرائط الفيديو اهمية كبيرة. ومثلما تهتم الشركات بتطوير وسائل الاتصال وطرق نقل وتبادل المعلومات بالاستعانة بالتشابك الكمي والتقنية النانوية، فهي تهتم كذلك بانتاج دقة وضوح عالية والوان طبيعية للصور التي تظهر على شاشات اجهزة الحاسوب الصغيرة والكبيرة وشاشات العرض الكبرى.

جدير بالذكر انه منذ بضع سنوات، ظهرت في الاسواق شاشات العرض المسطحة ، بالاضافة الى ذلك ، فان التطوير في مقياس الالوان عند المستوى النانوي وامكانية موالفة الجسيمات النانوية يقابله تحسن في الوان شاشات العرض الفوتونية.

## 16-9 تخزين المعلومات Information Storage

بالنسبة لمجال الالكترونيات، فقد بدأ استخدام التقنية النانوية في مجال تخزين البيانات كذلك. فاذا تمكن العلماء من تقليص حجم المكونات حتى تصل الى اقل من 1/10.000 من سمك شعرة الانسان، استطاعوا كذلك تصميم شرائح حاسوب تتميز بسرعة ادائها وزيادة سعتها التخزينية. وعلى

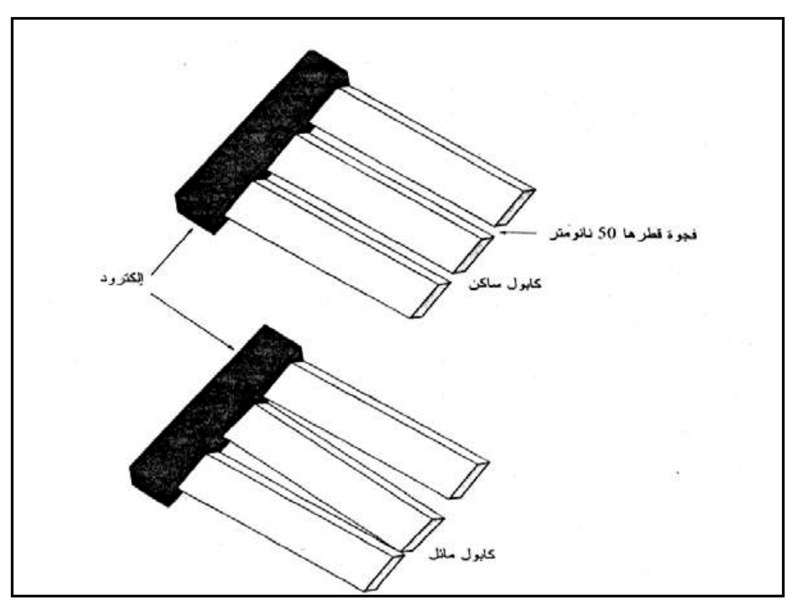
**الرغم من ذلك، لم تزل التقنية النانوية قيد التطوير، وكلما صغر حجم المكونات، زادت تكلفة انتاجها.**

**ترى معظم جهات التصنيع ان مدى ملائمة الاجهزة الالكترونية يعتمد على حجم المعلومات التي ستخزن في مساحات متناهية الصغر. وقد ظهرت معظم الاكتشافات الكبرى في مجال تخزين المعلومات الرقمية باستخدام مساحات التخزين المغناطيسية (مثل المسجلات المغناطيسية فائقة السرعة ذات المساحة التخزينية الكبيرة، والمجسات ذات المقاومة المغناطيسية، وعناصر الذاكرة).**

**يحاول الباحثون التوصل الى طرق تخزين جديدة باستخدام المواد النانوية المغناطيسية. كما انهم يحاولون اكتشاف كيفية تأثير البنية الفيزيائية والمغناطيسية لمواد التسجيل المغناطيسية على السعة التخزينية.**

**في عام 2004، حققت احدى الشركات لاجهزة ومكونات الحاسوب تطورا جديدا في مجال تخزين المعلومات، فخرجت بمشروع اجهزة الملليبيد (Millipede)، التي تعتمد على مصفوفة ابعادها 32×32 وتضم نحو 1024 طرف مسبار مجهر القوة الذرية ( AFM) للقراءة وتسجيل فجوات يبلغ قطرها 50 نانومتر في احد البوليميرات. تعتمد اجهزة المليبيد الميكانيكية المجهرية على الكابول (Cabool) (قضبان مثبتة من جهة واحدة) في تنفيذ هذه المهمة. يوضح الشكل (9-2) ميل كابول نتيجة تغير التيار. تتفاعل ابرة مجهر القوة الذرية مع هذه الفجوات بالتقارن الحراري، ثم تقوم بصهر فجون موجودة على سطح البوليمر او تزيل الفجوات كلية بتعريض سطح التسجيل للحرارة بالكامل، الامر الذي يؤدي الى انتاج نظم تخزين واسترجاع**

**للبيانات يمكنها تخزين واحد تيرا بت في البوصة المربعة اي ان سعتها التخزينية اكبر من التقنية الحالية بحوالي 40 مرة. اضافة الى ان هذه الوسيلة تستهلك طاقة اقل من تلك التي تستهلكها معظم الطرق المغناطيسية العادية.**




**الشكل (9–2): ميلان الكابول اثناء تسجيل الفجوات المتناهية الصغر الموجودة على احد الاسطح.**

**يعمل المعهد القومي للمعايير والتقنية على تطوير المقياس المغناطيسي الحثي العامل بنظام النبضات لاشعة المايكروويف (Pulsed inductive microwave magnetometer PIMM). وذلك من اجل تسجيل مقاييس البيكوثانية الخاصة بتشغيل عملية التوزيع المغناطيسي فائق السرعة.**

وسوف تساعد هذه الاداة الباحثين في اجراء تجاربهم على المواد النانوية عالية المغناطيسية لتسجيل البيانات في وحدات البت متناهية الصغر (اصغر من او تساوي 160 نانومتراً مربعاً للبت الواحد) اللازمة لرؤوس التسجيل فائقة السرعة. يستطيع باحثو المادة بمساعدة هذا المقياس الجديد فحص التركيب والاوضاع التي تأتي باستجابات فائقة السرعة، وكذلك انتاج ذاكرة مغناطيسية يمكنها قراءة وتسجيل البيانات بسرعة تزيد عن 1 مليار بت في الثانية. وبهذه المقاييس، يمكن تسجيل محتويات اكبر موسوعات العالم في اقل من دقيقة واحدة.

## 17-9 مستقبل فيزياء الكم

**Future of Quantum Physics**

سوف تتيح وسائل الاتصال والاحصاء الكمي المعتمدة على اجهزة الحاسوب فرص معالجة هائلة من خلال العمل في اوضاع مختلفة وتنفيذ المهمات وعمليات التحليل في وقت واحد. ومن المؤسسات الرائدة في هذا المجال البحثي ومعهد ماساشوستس (Masashosts) التقني وجامعة اكسفورد البريطانية ومعمل لوس الاموس القومي.

هذا غير ان وسائل الاتصال والاحصاء الكمي المعتمدة على اجهزة الحاسوب يساهمان في تطوير عملية معالجة البيانات باستغلال فيزياء الكم، وهي اهم الادوات التي يمكن الاستعانة بها للتنبؤ بالتفاعلات الجزيئية المعروفة حالياً.

# الفصل العاشر

# الأجهزة النانوية

# الأجهزة النانوية

**Nano Instruments**

## 10-1 جهاز الاختبار المجهري والنانوي الشامل

**Universal Nano and Micro Tester (UNMT )**

**هو جهاز يستخدم للتحليل الميكانيكي كماَ يسْمحُ للمستعملِ بإداء الإختباراتِ على الموادِ والطلاءاتِ، مثل:**

**1- الثلم النانوي Nanoindentation.**

**2- إختبارات البلى ( Wear) في أيّ ترتيب [دبّوس ( pin) على القرصِ، قرص على القرصِ، خَدْش بالقواطعِ المختلفةِ، الخ.].**

**3- اختبارات الكلال (Fatigue) في أيّ إتّجاه.**

**4- قياسات الإحتكاكِ (Friction measurements).**

**5- إختبارات التشحيمِ (Lubrication tests).**

**6- إختبارات الإجهادِ (Stress tests).**

**اما ملحقات الجهاز فهي (متحسّسات حملِ منخفضةٍ، مسَخنَ (Heater) أَو حوامل خاصة للعيناتِ السائلةِ) حيث تَعْملُ محاكاة دقيقة للعيّنات المراد فحصها.**

**ومن المُمْكِنُ أَنْ يُبرمجَ الجهاز بالكامل مَع برامج اخرى سهلة الإستعمال للحُصُول على كُلّ البيانات حول خصائص المادّةِ المراد فحصها. كما مبين في الشكل (10-1).**



**الشكل(10-1): جهازالاختبارالمجهري والنانوي الشامل.**

## 2-10 المسيطر الاوسط النانوي Nano MIDI Controller

أعلنَ انتروس بهرنجر ( Intros Behringer) عن توفر جهاز المسيطر الاوسط النانوي المضغوط ( BCN 44) الذي يعمل وفق القياسات النانوية وممكن ربطه بسهولة الى أي حاسوب وهو قابل للبرمجة وممكن ان يعمل يدوياً كما يُمْكِنُ أَنْ يشغل أمّا على قوَّةِ البطاريةِ أَو على القوة الكهربائيةِ، كما مبين في الشكل (2−2).




الشكل ( 10−2): المسيطر الاوسط النانوي.

## 3-10 المطياف الضوئي الحيوي النانوي

**Bio spectrophotometer −nano**

يستخدم علماء علم الاحياء هذا الجهازِ لحِفْظ العيناتِ الثمينةِ مثل الاحماض النووية ويَتم الحْصولَ على النَتائِجِ الدقيقةِ والقابلة للإنتاجِ بسهولة. تم تشغيّل الجهاز بآليةِ دفع دقيقة، ويعطي الجهاز مدى تحليلِ بارزِ وقياساً

**ممتازاً، كما يَضْمنُ الجهاز تحليلاً خالياً مِنْ أي عيوب وبسرعه فائقة . كما مبين في الشكل (10-3).**

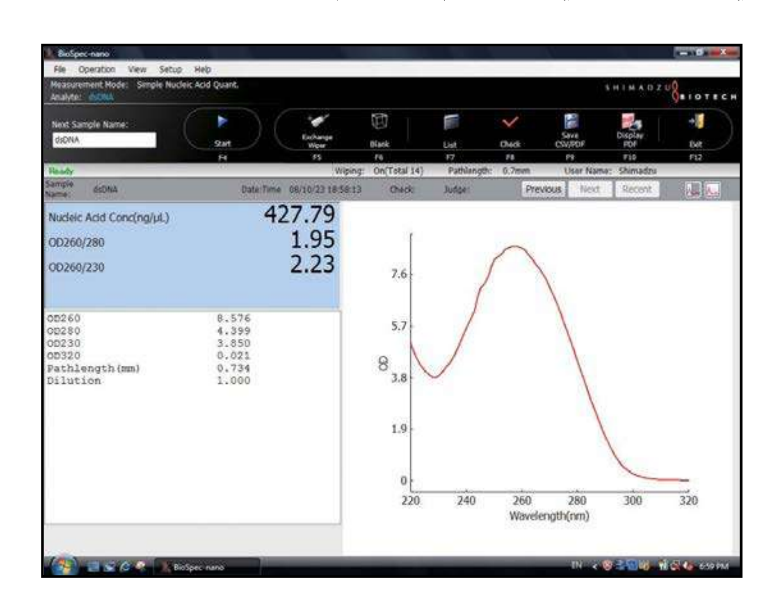


**الشكل (10-3): المطياف الضوئي الحيوي الضوئي النانوي.**

**ان حجم العيّنةِ التي يتم قياسها صغير جداً أذ تعطي تحليل من (1 µL إلى 2 µL) مستطيلةَ الشكل حيث مع عملية الهبوط والنقرة (Drop-and-click) يتم التحليل حيث تُسقطُ العيّنةُ ببساطة في الهدفِ وتَنْقرُ الزرَّ.**

**يتم صيانه الجهاز عن طريق التنظيف اليدوي لمجرى الانسياب المتناقضِ والتكراريِ (Tedious, repetitive, and inconsistent)**

للألياف الضوئيةَ. ان زمن القياس يتطلب ثواني قليلة ونحصل منه على النموذج التحليلي كما مبين في الشكل ( 10−4).




الشكل (10−4): الطريقة التحليلية للمطياف الحيوي.

## 4-10 جهاز الخدش المايكروي والنانوي

**Nano and Micro Scratcher**

هو جهاز ميكانيكي يعطي حسّاسيةً عالية وأداءً فريداً. يملك الجهاز وحدتين قابلتين للتبادل بسهولة احداهما نانوية والاخرى مايكروية. الشكل (10−5) يبين هذا الجهاز الذي يتكون منُ وحداتُ تصوير إختياريةِ و مجهر ذو تكبيرِ عاليِ. و يمكن أن يُستَعمل لقيَاْس الصلادة ( Hardness) ومعامل يونك أَو لخْدش المادّةَ ( Adhesion) كما يستخدم في الطلاءات

**وعِلْم ألكترونيات الدقيقة والخلايا الشمسية والمواد المغناطيسية والبصرية والأفلام الحيوية ، .......الخ.**

**كما يرافق الجهاز مكتبة كبيرة مِنْ الخوارزميات للمستخدم (User) ووَصْفاتَ قابلة للبرمجةَ و برامجَ تحليلِ إحصائيةِ لبحثِ الموادِ الأساسيةِ الشاملِة للمواد المراد فحصها.**



**الشكل (10−5): المخدش المايكروي والنانوي**

## 5-10 مجفف الرش النانوي Nano Spray B-90 Dryer

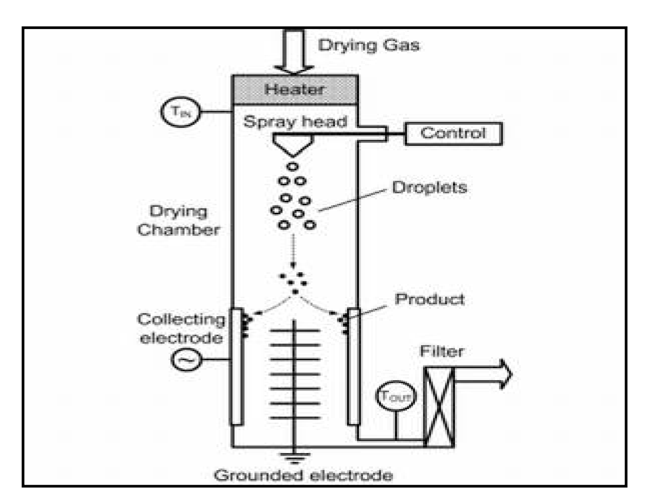
**هو جهاز مختبري مثالي يستخدم لتجفيف المساحيق ذات الحجم الحبيبي النانوي، يستعمل في الدراسات والبحوث. حيث يقوم الجهاز برشّْ وتَجفيف الموادِ الثمينةِ ضمن مدى الميكرونِ النانويِ، يتوفر بشكل رئيسيُ**

في الصيدلياتِ ومصانع الانتاج الطبي والتقنيات الحيوية وصناعة المواد الغذائية وتطبيقات التقنية النانوية والمواد ذات التركيب الجزيئي المايكروي والنانوي. كما مبين في الشكل (10–6).




الشكل (10–6): مجفف الرش النانوي.

يدخل غاز التَجفيف بشكل رقائقي (Laminarly) مِنْ القمةِ إلى غرفةِ التَجفيف داخل الجهاز ويُسَخّنُ إلى درجةِ حرارة المجموعة ( Set inlet temperature). يُولّدُ الخرطومَ رذاذِ قطرات رفيعة جداً تُجفّفُ بلطف الجزيئاتِ الصلبةِ ثم تَشْحنُ بالكهربائية المستقرة وتَجْمعُ في القطب الجامع الكهربائي. يُغادرُ غازَ التَجفيف مجففَ الرش فتكون درجة حرارة المخرجَ ثابتة بالإضافة الى ان الغاز يتم تُرشّيحُه كما مبين في الشكل التخطيطي (10–7).




**الشكل (10-7): الشكل التخطيطي لمجفف الرش النانوي.**

**ويكون الناتج ممتازاً وإستهلاكه للطاقةِ منخفضِاً . وتوزيع حجمِ القطرةِ ممكن التحكم به فقد يكون ضيّقاً جداً (أي نحصل على قطرة كل ثانية) او ممكن اسقاط ملايين القطرات في نفس الزمن.**

**ويحوي الجهازعلى ثلاث رؤوس للرش ( Spray caps) هي (4-، 5.5 -، 7) مايكرومتر، توضع في مقدمه خرطوم الرش للتحكم بكمية الرذاذ المتساقط ونحصل على تحليل مختلف لكل واحدة منهما كما مبين بالشكل (10-8).**



| Spray caps (hole size) | Mean water droplet size [4,3] | Span | Water flow rate |
|---|---|---|---|
| 4.0 µm | 8 µm | < 1.4 | 20 mL/h |
| 5.5 µm | 15 µm | < 1.6 | 60 mL/h |
| 7.0 µm | 21 µm | < 1.6 | 150 mL/h |

(a )　　　　　　　　　　(b)

الشكل $(10-8)$:(a) رؤوس الرش الثلاثة.

(b) الطريقة التحليلية لرؤوس الرش الثلاثة.

## 6-10 تمايل مجال الحزمة النانوي

**Band Field Dance Nano (BFDN)**

تم تصنيع نسخةٍ جديدةٍ ذات مرونةٍ وكفاءة ورخيصة الثمن للالات السمعيةِ (كالطبول). وهي مجهّزة بمكتبة داخلية كبيرة تعمل وفق توافق سمعي حسب المقياس النانوي بتشكيلة واسعة وهو يغني عن كثير من الاجهزة السمعية كما مبين في الشكل $(10-9)$.

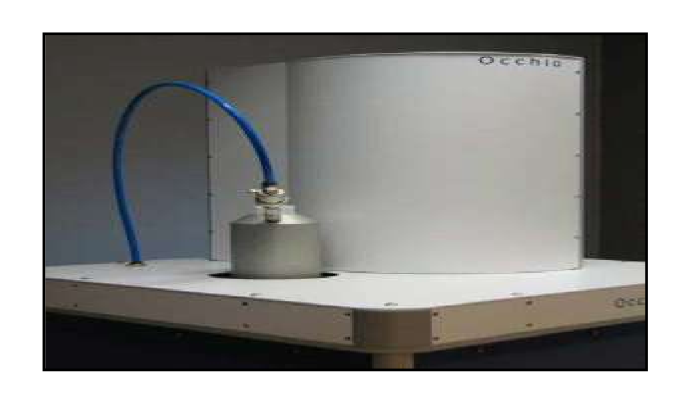



**الشكل (10−9): جهاز تمايل مجال الحزمة النانوي.**

## 7-10 الصيدلة النانوية 500 Nano pharma 500

**انتجت احدى الشركات جهازاً اساسه مجموعة من المكوّناتِ البصريةِ العالية النوعيةِ وبرامجِ تحليلِ الصورةِ المتطوّرةِ، بحدود 500 نانو لتحليلِ المسحوقِ بشكل سريعٍ ودقيق كما مبين في الشكل ( 10−10ِ( و يقوم ايضاً بتَجفيف المسحوقِ في المدى (0.5َ mm −5µm).**

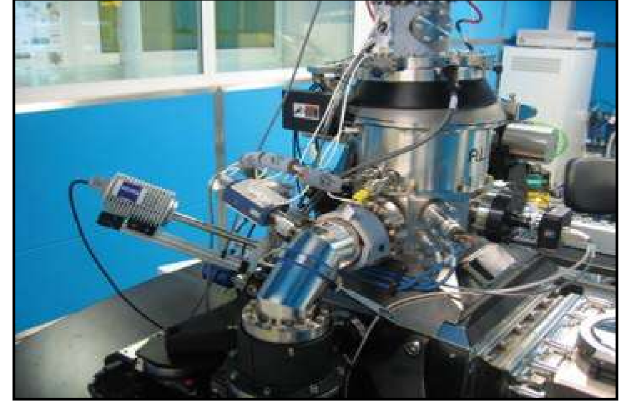
**ويختص الجهاز احياناً بالمساحيقِ الخطرة. واهم تطبيقاته في الصيدلة هو تحليلَ شكلَ وحجمَ المساحيقِ، سواء كانت هذه المساحيق كيميائيةِ او مساحيق غذاءِ كما يقوم الجهاز بقياس المساحيقُ الرطبةُ أَو الجافّةُ ذات الحجمِ الحبيبي بحدود ( 0.5 mm −1 µm)**



**الشكل (10–10): جهاز الصيدلة النانوي.**

## 8-10 كاشف الاطياف النانوي Nano Spectra Detector

**تَستعملُ في الكاشف أدواتُ نانوية حديثة على شكل طبقات رقيقة جداً مِنْ الموادِ ذات اساس الكتروني مرتبة ومربوطة بالجهاز وفق اساس بصري عالي التقنية، ويُزوّدُ الكاشف بوسائل لقياس تركيبِ مثل هذه الطبقاتِ الرقيقةِ ويعطي تحليلاً اكثر دقة من بقية اجهزة المطياف الاخرى كما مبين في الشكل (10–11).**



**الشكل (10–11)**

**كاشف الاطياف النانوي**

## 9-10 خط الفضة النانوي Nano Silver Line

انتجت احدى شركات مواد التجميل جهازاً لتجفيف الشعر وتسريحه بخط مستقيم بحرارة طبيعية لاتسبب ضرراً لبصيلات الشعر حيث يستخدم جزيئات الفضة النانوية فتضيف للشعر سهولة في التسريح والتجفيف، الشكل (12-10).

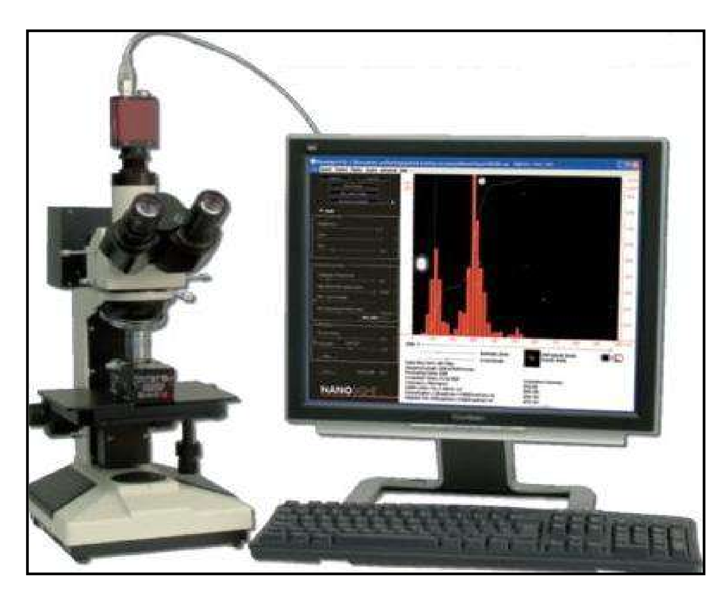
الشكل (12-10): خط الفضة النانوي.

## 10-10 جهاز الرؤية النانوية Nano Sight Instrument

تستعملُ أنظمة توزيع العقاقير مخدّرات صعبة ذات قابليةِ ذوبان سيّئةِ صعبة الدُخُول الى الجسمِ مباشرة. ان جهاز الرؤية النانوية يعطينا طريقة فريدة مِنْ التَصَوّيُر وتَحليل الجزيئاتِ في السوائلِ متعلقة بنسبةِ الحركةِ إلى حجمِ الجزيئةِ.

إنّ نسبةَ الحركةِ ذات علاقةُ بلزوجةِ السائلِ ودرجة الحرارة وحجم الجزيئةِ، كما ان الحركة لا تُتأثّرْ بكثافةِ الجزيئةِ.

يكون نظام الرؤية الليلية على نوعين (          10 LM و20 LM) كما مبين في الشكل (10-13). وهو قادر على قياس حجم بعض الجزيئاتِ مثل الفضةِ ذات الحجم الحبيبي( 10nm) و(25 nm للموادِ الأخرى) و 1,000 nm (ميكرون 1) لكافة الجزيئات وعُلومُ السطح (Surface sciences).



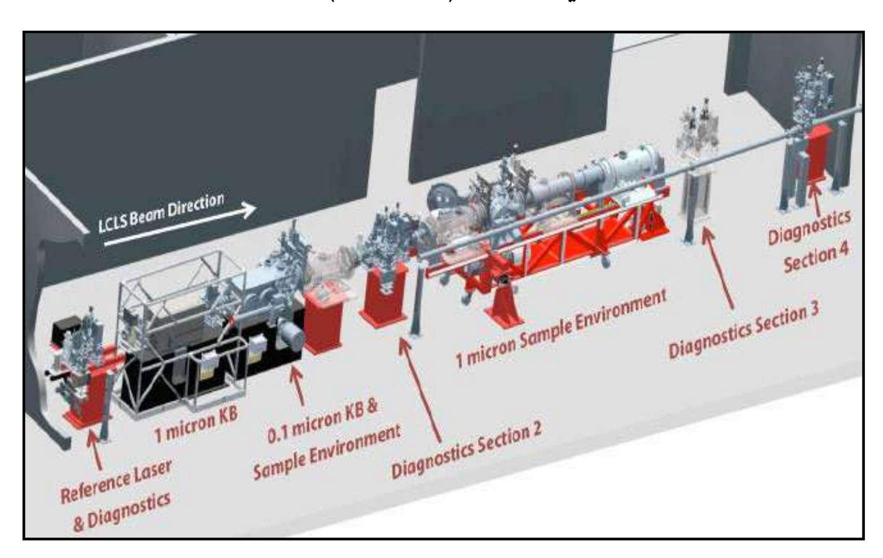
الشكل(10-13):جهاز الرؤية النانوية.

## 11- التصوير بالاشعه السينية المتماسك

**The Coherent X-Ray Imaging (CXRI)**

هو جهاز يستخدم تصوير الاشعة السينية المتماسكة على شكل نبضاتِ لعَكْس جزيئاتِ الميكرونِ الثانويةِ المنفردة او الجزيئات النانوية.

التماسك المستعرض الكامل لليزرِ سَيَسْمحُ للجزيئاتِ المنفردةِ ان تُصوّرَ بدرجة وضوح عالية بينما مدّةِ النبضِة القصيرةِ سَتُحدّدُ ضررَ الإشعاعِ أثناء عملية القياسِ. كما يقوم الجهاز بتصوير العيناتِ الحيويةِ ما بعد الضرر(بعد ضربها بالليزر). يحفظ الجهاز في صندوق مغلق بطول 20 متراً وعرض 7متراً، كما مبين في الشكل (10−14).




الشكل (10−14): التصوير بالاشعه السينية المتماسكة.

## 10-12 جهاز استطارة الضوء الحركية النانوية

**Nano Dynamic Light Scattering (NDLS) instrument**

اكَشفتْ شركةُ تقنية الضوء ديناميكية (حركية) جديدة تعمل مِنْ أي مكان عند إتّصالها بالانترنتِ. لها مدى من درجات الحرارة يتراوح (°4 C – °150 C) ويملك الجهاز سيطرة على درجاتِ الحرارة الدقيقةِ، كما يملك

صماماً ثنائياً مجففاً يعمل اثناء تدفقَ النتروجينِ الذي يَبقي الخليةَ جافه والذي يؤدي بدوره الى انتفاضها بصورة حرّةً (Dust free) كما يحلل الجزيئات النانوية ذات الحركة الديناميكية باستطارة الضوء كما مبين في الشكل (10-15).



الشكل (10-15): جهاز استطارة الضوء الحركية النانوية

## 10-13 الفولتمير النانوي Nano voltmeters

يستخدم الجهاز لقياسِ الفولتيةِ المنخفضِه. ويكون حساساً جداً ويعمل بدرجة حرارة الغرفه كما مبين في الشكل (10-16). ويكون مناسباً لكل الاستخدامات وله مدى واسع لقياس فولتيةِ التيار المترددِ الواطئة ويُضخّمُ حسّاسيةَ الفولتيةَ النموذجيةِ.



الشكل (10-16): جهاز الفولتية النانوي.

## 14-10 المواد المتراكبة الهجينية النانوية لطب الاسنان

**Dental Nano Hybrid Composite**

**وهو جهاز امريكي الصنع يستخدم في مجال صحة الاسنان وعمليات التجميل، حيث يكون مركباً جديداً بتقنيةِ الحشوة النانوية (Nano filler) الفريدة فينتج جزيئاتِ الحشوة العنقودية النانوية الذي يتراوح حجمها بين (3–7 nm) والتي تستخدم في تبيض الاسنان واظهارها بالشكل اللائق كما مبين بالشكل (10–17).**




**الشكل (10–17): المواد المتراكبة الهجينية النانوية لطب الاسنان.**

## 10-15 جهاز قاعدة البيانات النانوي

**Nano Database Instrument**

**هذا الجهاز يُحلّلُ عيناتَ المصفوفةِ عاليةِ البيئة ( High – matrix environmental) لَيس فقط ماءَ الحنفيةِ وانما كذلك الصرف الصناعيَ (Industrial drainage) لقياس الحسّاسيةِ والإستقرارِ العاليِ. فهو فعال جدا التحليل البيئي. كما مبين في الشكل (10–18).**

**ان الجهاز لايستخدم لتَحليل التركيزِ المنخفضِ للايونات الجزيئية للعناصرِ مثل البوتاسيومِ والكالسيومِ والحديدِ الذي أساسه الأركونَ. يعمل الجهاز بإدْخال غازِ الأركونَ مِنْ غرفةِ الرذاذَ إلى البلازما، فيتحول الغاز إلى البلازما منتجاً آيوناتِ جزيئيةِ أساسهاِ الأركونَ (بلازما باردة). ومن الممكن استخدامه لتَحليل التجمعَّاتِ المنخفضةِ بتَحسين حدِّ الكشفِ الأدنى للعناصرِ مثل البوتاسيومِ والكالسيومِ والحديدِ.**

**هذا الجهاز صمّمَ عموماً للتحليلِ البيئـي ثم صمّمَ خصوصاً لإجْراء تحليلِ عيّنـةِ المصفوفةِ العاليةِ الحسّاسِة والمستقرّةِ جداً. بتَخفيض التدخلِ بالآيونِ الجزيئـيِ للعناصرِ في العيّنـةِ، كما يُعالجُ عيناتَ المصفوفةِ العاليـةِ مثل الماء الجاري و مياه المجاري الصناعيةِ.**

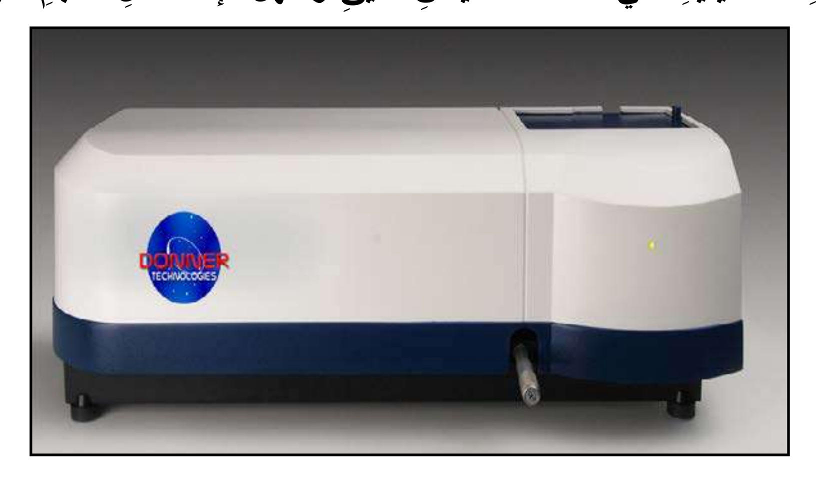


الشكل (10−18): جهاز قاعدة البيانات النانوي.

## 10-16 محلل حجم الجسيمة النانوية

**Nano Particle Size Analyzer**

تمكنت احدى الشركات من انتاج جهاز يختص في تحليلُ دقيقِ جدا لحجمِ الجزيئةِ بالمقياس النانوي وهو واسع الانتشار في المختبراتِ والتطبيقاتِ على الإنترنتِ. كما مبين بالشكل ( 10−19). وهو من احدث التقنياتِ التحليليةِ في اعطاء مقياسِ دقيقِ وسهل الإستعمالِ لحجمِ الجزيئة.




الشكل (10−19): محلل حجم الجسيمة النانوية.

## 10-17 جهاز التجميل بالتقنية النانوية

**Nano Technique Beauty Instrument**

يعتبر هذا الجهاز من احدث وسائل التقنية الحديثة في صالونات الحلاقة والتجميل حيث يكون حجمه 19*10*10 سنتيمتر (L * W * H) ويستهلك فولتية ( 220−240 V) وتردد ( 60/50 قوّة هيرتز) أي مايعادل (400 W) ومدّة تدفق البخارِ( 15 min)، حيث ينتج ( 8 مليلترَ / دقيقة) من البخار وزمنِ الإنتظارلبدء تدفق البخار ( 30 Sec) وطول السلك (1.25 m) ويستخدم لتجفيف الشعر بفترة اقل من المجففات العادية كونه يستخدم التقنية النانوية في انتاج البخار كما مبين بالشكل ( 10−20). لايجوز ان يستعملْ الجهازفي البيئةِ الرطبةِ كالحمام. من اهم مميزاته انه يسخن الهواء ويحولة الى بخار بفترة زمنية قصيرة.




الشكل(2−20)

جهاز التجميل بالتقنية النانوية

## 18-10 تقنيات محلل حجم الجسيمة بالليزر (1-6000 نانومتر)

**Laser Particle size Analyzer Technol. (1−6000nm)**

ان هذا الجهاز مستند على تقنية إبداعية مُسَجَّلة براءة إختراع طوّرتْ بالمعهدِ الفرنسيِ للنفطِ (( French Institute of Petroleum (IFP)), حيث يحلّل حجمِ الجزيئةِ إلى مقاييسِ نانوية صغيرة جدا تتراوح من (1−6000) نانومتر. إنّ مبدأَ المقياسَ مستند على إرتباطِ فوتونِ بالمطياف ( Photon Correlation Spectroscopy (PCS)).

يمتلك الجهاز سيطرة دقيقةَ على كل من درجة الحرارة (Temperature) والسُمك ( Thickness) فيكون الليزر ذو قوَّة عالية ممتازة ذات طول موجي 658 nm وهو ليزر دايود ( Diode). حيث يمتاز بإستقرارِ درجةِ حرارته وِ يُمْكِنُ أَنْ يحلل الحجم الحبيبي من ميكرونات إلى 2 nm، كما مبين بالشكل (10−21).

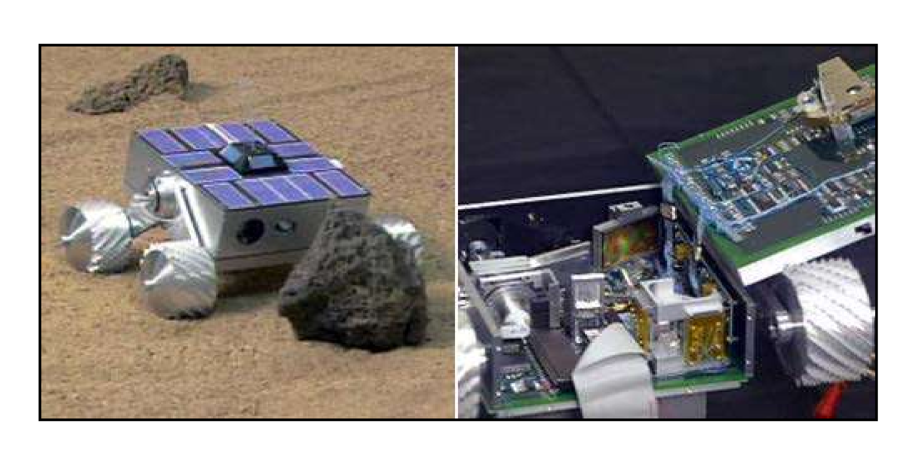


الشكل (10−21): تقنيات محلل حجم الجسيمة بالليزر (1−6000 نانومتر)

## 19-10 القرصان النانوي Nano Rover

وهو جهاز متطور بتقنية عالية جدا انتج سنه 1997 وزنه كيلوغرامٍ واحد يستعمل مبدأ التصوير والتحليل الطيفيِ البصريِ بالتقنية النانوية (Nano optical spectrometry) وهومجهز بأربعة عجلات صغيرة.

يستخدم في مجالات الفضاء حيث يسير على القمر وبقية الكواكب لاغراض الاستكشاف ومعرفه الظواهر الطبيعية والارضية والتي يتم ارسالها على شكل بيانات تحليلة الى القمر الصناعي ومن ثم الى الارض، كما مبين بالشكل (2−22).



الشكل (2−22): القرصان النانوي.

## 20- الطابعة النانوية Nano printer

صممت هذه الطابعة من قبل المؤسسة العلمية اليابانية عام 2004 كما مبين بالشكل ( 10−23). وتتميز هذه الطابعة عن الطابعات العادية كونها تستخدم مسحوق الحبر الملون والابيض والاسود ذو الحجم الحبيبي

المقاس بوحدات النانو حيث لها القدرة على استخراج الصورة بأدق تفاصيلها ومبدأ تحليلها يكون ايضا وفق المقياس النانوي.




الشكل(10–23)
الطابعة النانوية

## 10-21 المسبار النانوي للاشعة السينية X-ray Nano Probe

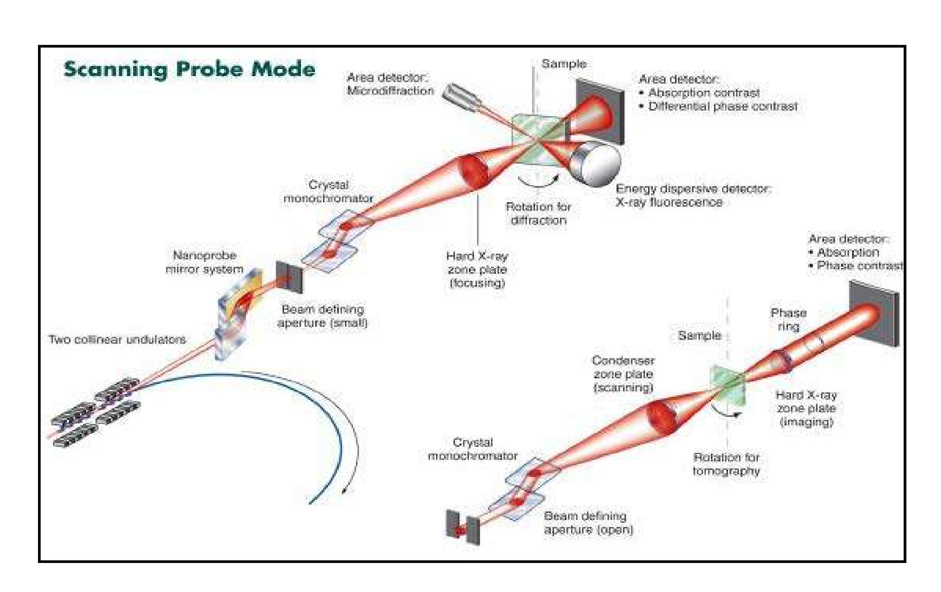
تم تصنيع جهاز المسبار النانوي للاشعه السينية فيْ مركزِ المواد ذات القياس النانوي (( Center for Nano scale Materials (CNM) في مختبر اركون الوطني (Argonne National). حيث يقوم الجهاز بتصوير وإرسالِ الأشعة السينيةِ بقوة تحليلية مقدارها 30 nm. ان هذا الجهاز مهم جدا في دراسة المواد النانوية ( Nanomaterials) والبنية النانوية (Nanostructures).

يستند الجهاز على عمليات فيزياوية بصرية ذات قوة تحليلْ 150 nm وتقدر طاقة الفوتونِ بين ( 8–10 keV). حيث تَغطّي المدى الطيفيَ بين ( 3–30 keV)، وتقدر المسافة بين البصرياتِ المنصوبة داخل الجهاز

والعيّنةَ المراد قياسها في مدى بين 10 -20 مليمتر. كما مبين في الشكل (10-24).

ان الجهاز يحلّلَ العيّنةِ بدقة و يُمْكِنُ أَنْ يَحْصلَ على معلوماتِ عن البنية البلورية مثلِ (Crystallographic) بدقةِ 100 مرةَ أعلى مِنْ إنحرافِ الألكترونِ القياسيِ.

من اهم فوائد مسبار الاشعة السينية النانوي أنْ الاشعه المستخدمة غير منتشرة و يَتطلّبُ وقت قصير لتحضير العيّنةِ و يَعطي الجهاز بتركيبهَ البصريَ القدرةُ على الإختِراق داخل العيّنة ودراسة بنيتها البلورية. تمتاز الأشعة السينيةِ بصورة عامة انها لا تتفاعلُ بالحقولِ الكهربائيةِ أَو المغناطيسية.




الشكل (10-24): شكل تخطيطي للمسبار النانوي للاشعه السينية.

## 10-22 جهاز الرصد السداسي النانوي ( صورة وصوت)

**Nano-Sextant Tracking Instrument - Photo-Sonics**

يستخدم الجهاز في التطبيقات العسكرية ويتميز بوزنهِ الخفيف حيث يبلغ (140 باونَ) ويُمْكِنُ أَنْ يُحدّدَ أي مكان بحدود 75 قدمٍ بعيداً عن نقطة تواجده. ويستخدم الجهاز اسلوب التتبع النانوي السداسي أي الثلاثي الابعاد للكشف والتهديف ويربط في مقدمة الطائرات للكشف عن المواقع والاهداف الستراتيجية وممكن ان يثبت بالارض كما مبين بالشكل (10-25).



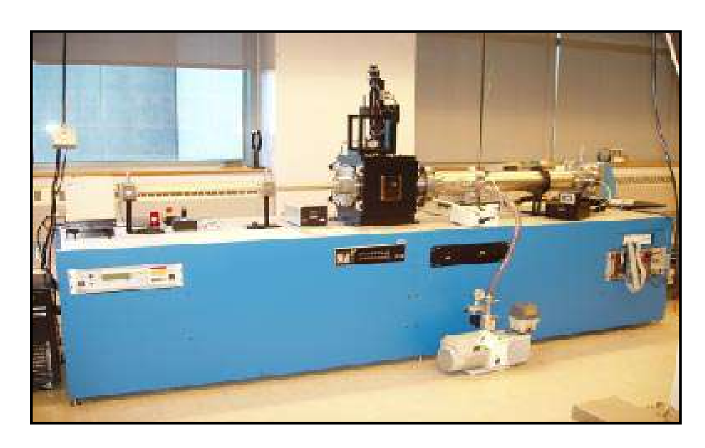
النانوي ( صورة وصوت).

## 10-23 استطارة الاشعه السينية للزاوية النانوية

**Nano Angle X-ray Scattering (NAXS)**

يُستَعملُ الجهاز للحُصُول على المعلوماتِ المُفصّلةِ حول توزيعِ كثافةِ الألكترونِ والتجمعات الجزيئيةِ في حدود ( 1-100 nm). انتج من قبل شركة يابانية متطورة حيث تستخدم هذه الأجهزةِ تألقاً عالياً ( High

**brilliance) لمصدر الاشعة السينيةِ. إنّ غرفةَ العيّنةَ داخل الجهاز ذات تصميم فريد مُجهّز بحامل عيّنةِ ذو درجةِ حرارة متغيّرةِ. كما مبين بالشكل (10−26).**



**الشكل (10−26): استطارة الاشعه السينية للزوايا النانوية.**

## 10-24 جهاز السيطرة على عزم التدوير النانوي المثالي

**Optimization nano Torque Control Instrument**

**تمكن العالم بوهلين (Bohlin ) في تشرين الأول 2005 من تقصّي تراكيبِ ماديةِ ضعيفةِ أَو حسّاسةِ وأنظمةِ لزوجةِ منخفضةِ مقياسة بوحدات نانوية وسيطرة عزمِ لّي نانوي يَحتفظانِ بمدى عزم اللّي العاملِ المستمرِ إلى 200 mNm، كما مبين بالشكل (10−27) حيث يَسْمحُ لعزم اللّي والسرعةِ السيطرة على كُلّ أنماط الإختبارِ الانتقالية والحركية والثابتة ( Steady, dynamic, and transient test). ويُمْكِنُ أَنْ يُؤدّي اختبارات إجهادَ ومطاوعة.**



**جهاز السيطرة على عزم التدوير النانوي المثالي**

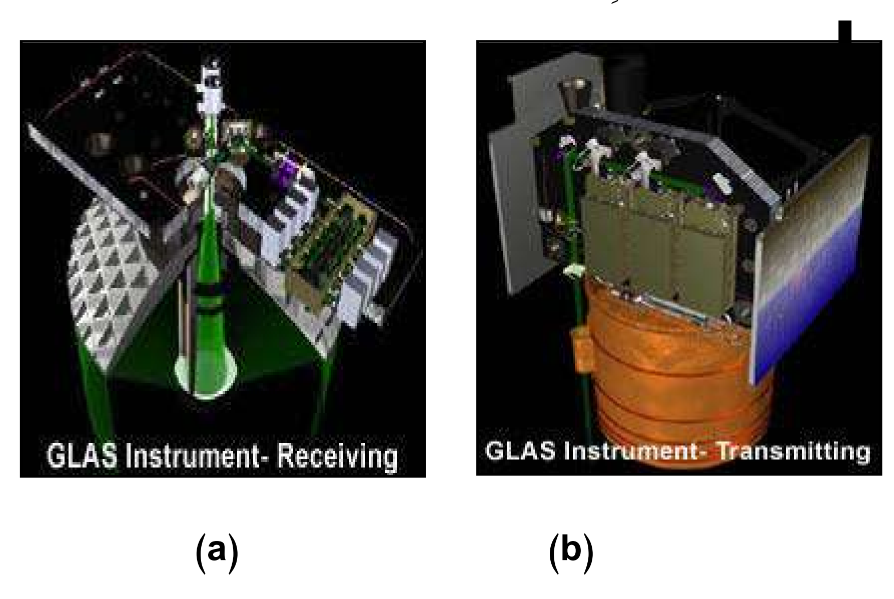
## 25-10 نظام قياسِ إرتفاع الليزرِ النانوي لعلِمِ الارض

**The Geo science Nano Laser Altimeter System (GNLAS)**

**أُنتجَ في مركز جودارد للطيران الفضائي جهاز للملاحظاتِ المستمرةِ مِنْ الأرضِ، التي تقيس ملاحظاتَ جوّيةَ فريدةَ مهمه في تغييراتِ المناخِ وهي وسيلةِ صمّمتْ لقيَاْس عِلْم دراسة سطح طبقةِ الجليد (Ice–sheet topography). ويَعطينا معلوماتَ عن الإرتفاعِ وسُمكِ الغيمةِ لمناخِ المدى القريبِ الدقيقِ وتنبؤات الطقسِ.**

**يحتوي الجهاز على نظام ليزرِ لقيَاْس المسافةِ, و نظام تحديد المواقع العالمي ( GPS) المستقبل والمرسل كما مبين بالشكل ( 10–28)، يُرسلُ الليزر نبضاتَ قصيرةَ (4 نانو ثانية) مِنْ الضوءِ تحت الأحمرِ طوله الموجي (1064 نانو متر) وضوء أخضر مرئي (532 نانو متر)، فيعكس الفوتونات**

**فتَعُودَ إلى المركبة الفضائيةَ مِنْ سطحِ الأرضِ ومِنْ الجوِّ، بضمن ذلك داخل الغيومِ، ثم يتجمّع في منظار قطرِ 1 مترِ. وتكون نبضات الليزرِ 40 مرةِ بالثّانية فَتُنيرُ البُقَعَ ذات البقع 70 متر في القطرِيفترات متباعده بحدود 170 مترِ على طول سطحِ الأرضِ.**




**(a) (b)**

**الشكل (10-28): جهاز نظام قياسِ إرتفاع الليزرِ النانوي لعلِمِ الارض GNLAS .**

**(a) الجهاز المستقبل و(b) الجهاز المرسل.**